



10. F. 37


10 F. 37

NAZIONALE
B. Prov.
I
888
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI

B.P
I
888-889

# GUIDE
# DU MEUNIER
ET
# DU CONSTRUCTEUR DE MOULINS.



EVERAT, IMPRIMEUR,
rue du Cadran, n° 16.

607055
SBN

# GUIDE
# DU MEUNIER

ET

## DU CONSTRUCTEUR DE MOULINS,

Par Oliver Evans;

AVEC DES ADDITIONS ET DES CORRECTIONS DU PROFESSEUR DE MÉCANIQUE A L'INSTITUT DE FRANKLIN, EN PENSYLVANIE,

ET

LA DESCRIPTION D'UN MOULIN EN GROS PERFECTIONNÉ,

*Par C. & O. Evans, ingénieurs;*

TRADUIT SUR LA CINQUIÈME ÉDITION AMÉRICAINE,

AUGMENTÉ DE NOTES ET DE LA DESCRIPTION DES MOULINS DE M. BENOIST A SAINT-DENIS,

PAR P. M. N. BENOÎT,

Ingénieur civil, ancien élève de l'École Polytechnique, membre de plusieurs Sociétés savantes et du Comité des arts mécaniques de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

ORNÉ D'UN GRAND NOMBRE DE PLANCHES.

PARIS,
CHEZ MALHER ET C^IE,
LIBRAIRES DE L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES,
Passage Dauphine.

1830.



Digitized by Google

# PRÉFACE DE L'AUTEUR.

La cause pour laquelle on n'a point publié plus tôt un ouvrage du genre de celui-ci vient peut-être de ce que les hommes versés dans les sciences et dans la littérature ont manqué de pratique et d'expérience dans les arts dont il traite ; ou bien, de ce que ceux qui ont possédé des connaissances pratiques et expérimentales n'ont pas eu le temps d'acquérir la science et la théorie : talens également nécessaires pour compléter un système et qu'on rencontre si rarement dans la même personne. Convaincu de ma médiocrité, je n'aurais pas entrepris cette tâche, si je n'eusse été intéressé à expliquer mes inventions.

Je me suis adressé à des savans, j'ai lu des livres de science, afin d'obtenir tous les renseignemens possibles pour me former un système et une théorie ; j'ai eu recours à des constructeurs de moulins et à des meuniers, pour la pratique; mais, excepté *Smeaton*, je n'ai point trouvé d'auteurs qui aient réuni aux connaissances théoriques la pratique et l'expérience. J'ai reconnu que bien des théories admises sont erronées ; ce qui ne m'a pas permis de trouver, à cet égard, tout le secours que je m'étais promis. Je ne prétends pas dire que mon ouvrage est exempt d'er-

reurs, il en contient probablement, tant pour la pratique et la théorie que pour la partie grammaticale; car les talens et le travail d'un seul homme ne suffiront jamais pour amener à la perfection un livre de ce genre.

La partie pratique reçue de Thomas *Ellicot* sera certainement utile, à cause de la longue expérience et du génie reconnu de cet ingénieur.

# AVERTISSEMENT

## DE L'ÉDITEUR AMÉRICAIN.

En revoyant l'ouvrage d'Oliver *Evans*, l'éditeur a pensé qu'il était de son devoir de ne pas lui faire éprouver d'altérations considérables; ainsi, on doit toujours regarder ce livre comme la production même de l'auteur. Si l'on compare minutieusement cette édition avec les précédentes, on trouvera que pour rendre les idées avec plus de clarté la diction en a été changée; que des définitions erronées ont été remplacées, des fautes palpables corrigées et des superfluités retranchées. Les théories adoptées par l'auteur diffèrent quelquefois de celles de l'éditeur, qui ne prétend ni les défendre, ni en justifier les défauts.

Ce livre est particulièrement précieux comme ouvrage pratique, et l'on espère que les soins apportés à cette cinquième édition en augmenteront le mérite. La description d'un moulin à farine en gros, établi d'après les perfectionnemens les plus récens; les divers articles contenus dans l'appendice et qui ont été ajoutés à l'ouvrage original, seront utiles aux constructeurs de moulins, et les intéresseront.

THOMAS P. JONES.

Philadelphie, le 22 juin 1826.

# EXPOSITION

DU

# SYSTÈME MÉTRIQUE ANGLAIS.

Le traducteur ayant cru devoir conserver les mesures employées par l'auteur, il est nécessaire que le lecteur français soit d'abord mis au courant du système métrique de la Grande-Bretagne, également usité dans les états de l'Union.

L'uniformité des mesures est d'un si grand avantage pour une nation, que les Anglais n'ont pas craint d'imiter, sur ce point, la France, en établissant par une loi du 17 mai 1824, le système des *mesures impériales* exclusivement reconnues dans toute l'Angleterre, à dater du 1er mai 1825. Ce système de mesures est loin d'approcher de la beauté du *nouveau système métrique français*, parce que nos savans ayant créé ce dernier, de tout point, ont pu lui donner la plus régulière simplicité, tandis que le travail des savans anglais semble avoir eu pour objet de conserver les mesures déjà usitées à Londres, et de donner les moyens d'en retrouver les étalons, d'après la longueur du pendule à secondes dans cette capitale.

### MESURES DES LONGUEURS.

L'unité légale des mesures des longueurs est le *yard* ordinaire, représenté par l'*étalon de* 1760 conservé dans les archives de la chambre des communes, pris à la température de 62 degrés du thermomètre de *Fahrenheit*, ou de 16,667 degrés centigrades. D'après les expériences des savans anglais, ce *yard* étant divisé en 3 *feet* de 12 *inches* chaque, le *pendule battant la seconde de temps moyen* à la latitude de Londres, dans le vide et au niveau de la mer, a pour longueur 39,1393 *inches*.

Suivant ces mêmes expériences l'*étalon du yard* pris à 62 degrés

Fahrenheit, et comparé directement à un étalon de mètre pris à zéro degrés centigrades de température, a fait voir que

1 mètre = 39,37079 *inches*.
1 *yard* = 0,914383480 mètres.

Voici l'ensemble des mesures des longueurs.

| *mile.* | *furlong.* | *pole.* | *fothom.* | *yard.* | *foot.* | *inch.* | | *mètres.* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8 | 320 | 880 | 1760 | 5280 | 63360 | = | 1609,3149 |
| | 1 | 40 | 110 | 220 | 660 | 7920 | = | 201,16437 |
| | | 1 | 2 ¾ | 5 ½ | 16 ½ | 198 | = | 5,02911 |
| | | | 1 | 2 | 6 | 72 | = | 1,8287669 |
| | | | | 1 | 3 | 36 | = | 0,9143834 |
| | | | | | 1 | 12 | = | 0,3047945 |
| | | | | | | 1 | = | 0,0253995 |

Il suit de là que,

1 mètre { = 3,2808992 *feet*.
 { = 1,93633 *yards*.
1 myriamètre = 6,2138 *miles*.

## MESURES DES SUPERFICIES OU AGRAIRES.

Les anciennes mesures agraires ont encore été légalement conservées, puisque le *pole*, *rod*, *reed*, *lug* ou *perch* carré qui, au nombre de 160 compose l'*acre*, a gardé son ancienne valeur; de sorte que l'on a le tableau

| *acre.* | *rood.* | *pole carré.* | *yard carré.* | *foot carré.* | | *ares.* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 160 | 4840 | 43560 | = | 40,46710 |
| | 1 | 40 | 1210 | 10890 | = | 10,116775 |
| | | 1 | 30 ¼ | 272 ¼ | = | 0,25291939 |
| | | | 1 | 9 | = | 0,00836097 |
| | | | | 1 | = | 0,00092899 |

Il résulte de là que,

1 mètre carré = 1,196033 *yards* carrés.
1 are = 3,953800 *poles* carrés.
1 hectare = 2,473614 *acres*.

## MESURES DES POIDS.

L'unité légale des mesures dès poids est le *pound troy*, donné par l'*étalon* fait en 1758 et gardé dans les archives de la chambre des

communes. Ce *pound troy* étant divisé en 5760 *grains*, les savans anglais ont trouvé qu'un *inch* cube d'eau distillée, pesé dans l'air, avec des poids de cuivre jaune, par la température de 62 degrés du thermomètre de *Fahrenheit*, le baromètre à mercure marquant 30 *inches*, pèse 252,458 *grains*. La valeur du *pound troy* est ainsi liée à la valeur du *yard*, que l'on pourrait déduire au besoin, de la longueur du *pendule* à secondes.

En partant de ces données et des rapports trouvés entre les mesures anglaises et françaises pour les longueurs, et en admettant la loi de dilatation de l'eau par la chaleur, reconnue par Hallstrom, on déduit du calcul que,

1 *pound troy* = 0,3730956 kilogrammes,
1 kilogramme = 2,68027 *pounds troy*.

Voici le tableau du poids troy,

*Troy weight.*

| *pound troy.* | *ounce troy.* | *penny weight.* | *grain.* | kilogrammes. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 12 | 240 | 5760 | = 0,3730956 |
| | 1 | 20 | 480 | = 0,0310913 |
| | | 1 | 24 | = 0,00155456 |
| | | | 1 | = 0,00006477 |

Pour peser les matières lourdes, le commerce se sert du *pound avoirdupois*, reconnu aussi par la nouvelle loi, qui en fixe la valeur à 7000 *grains* du *pound troy*, comme anciennement.

Voici le tableau du poids avoirdupois,

*Avoirdupois weight.*

| *ton.* | *hundred weight.* | *quarter* | *pound avoirdupois.* | *ounce avoirdupois.* | *dram.* | *grain.* | kilogrammes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 80 | 2240 | 35840 | 573440 | | =1015,649 |
| | 1 | 4 | 112 | 1792 | 28672 | | = 50,78246 |
| | | 1 | 28 | 448 | 7168 | | = 12,695615 |
| | | | 1 | 16 | 256 | 7000 | = 0,4534148 |
| | | | | 1 | 16 | 437,5 | = 0,0283384 |
| | | | | | 1 | 27,343 | = 0,0017712 |
| | | | | | | 1 | = 0,00006477 |

Il résulte de là que,

i gramme = 15,438 *grains*.

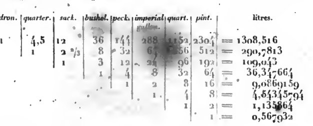
1 kilogramme { = 2,68027 *pounds troy*. 
= 2,20548 *pounds avoirdupois*.

## MESURES DES VOLUMES OU DES CAPACITÉS.

L'unité légale des mesures des volumes ou des capacités est le *gallon imperial*, seule mesure créée par la nouvelle loi. Ce *gallon*, qui diffère des anciens, dont il sera question plus bas, est le volume occupé par 10 *pounds avoirdupois* d'eau distillée, pesée dans l'air à la température de 62 degrés du thermomètre de Fahrenheit, le baromètre à mercure étant à 30 *inches*. Ce volume ou *gallon imperial* est ainsi de 277,2738 *inches* cubes, et un calcul analogue à celui relatif aux mesures des poids, fera voir que

1 *gallon imperial* = 4,54345794 litres.
1 litre = 0,22009667 *imperial gallons*.

Le tableau suivant montre les rapports mutuels des diverses mesures impériales des capacités.



| *chaldron.* | *quarter.* | *sack.* | *bushel.* | *peck.* | *imperial gallon.* | *quart.* | *pint.* | | litres. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,5 | 12 | 36 | 144 | 288 | 1152 | 2304 | = | 1308,516 |
| | 1 | 2 ⅔ | 8 | 32 | 64 | 256 | 512 | = | 290,7813 |
| | | 1 | 3 | 12 | 24 | 96 | 192 | = | 109,043 |
| | | | 1 | 4 | 8 | 32 | 64 | = | 36,347664 |
| | | | | 1 | 2 | 8 | 16 | = | 9,0869159 |
| | | | | | 1 | 4 | 8 | = | 4,54345794 |
| | | | | | | 1 | 2 | = | 1,135864 |
| | | | | | | | 1 | = | 0,567932 |

Il résulte de là que,

1 litre { = 1,760773 *pints*.
= 0,110047 *pecks*.
= 0,02751 *bushels*.

1 hectolitre { = 2,751 *bushels*.
= 0,917 *sacks*.
= 0,0764 *chaldrons*.

1 *inch* cube = 0,0163863863 litres.

Avant l'établissement des mesures impériales il existait trois principaux *gallons*, qui servaient à composer autant de séries de mesures, savoir :

1° Le *gallon* pour le vin, l'eau-de-vie, etc., valant 231 *inches* cubes, et donnant les

*Wine measures.*

| tun. | pipe. | hogshead. | gallon. | pint. | litres. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 4 | 252 | 2016 | = 953,8832 |
| | 1 | 2 | 126 | 1008 | = 476.9416 |
| | | 1 | 63 | 504 | = 238,4708 |
| | | | 1 | 8 | = 3,7853 |
| | | | | 1 | = 0,4731 |

2° Le *gallon* pour la bierre, l'ale, etc., équivalant à 282 *inches* cubes, et servant à former les

*Beer ou ale measures.*

| butt. | hogshead. | gallon. | pint. | litres. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 108 | 864 | = 499,0628 |
| | 1 | 54 | 432 | = 249,5314 |
| | | 1 | 8 | = 4,6209 |
| | | | 1 | = 0,5776 |

3° Le *gallon de Winchester* valant 268,8 *inches* cubes, employé sur le port de Londres, pour mesurer le blé, les semences, les graines, et en général toutes les matières sèches et servant de base aux

*Dry measures.*

| last. | wey. | quarter. | coom. | bushel. | peck. | gallon. | pint. | litres. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 10 | 20 | 80 | 320 | 640 | 5120 | = 2818,9734 |
| | 1 | 5 | 10 | 40 | 160 | 320 | 2560 | = 1409,4867 |
| | | 1 | 2 | 8 | 32 | 64 | 512 | = 281,8973 |
| | | | 1 | 4 | 16 | 32 | 256 | = 140,9486 |
| | | | | 1 | 4 | 8 | 64 | = 35,2371 |
| | | | | | 1 | 2 | 16 | = 8,8093 |
| | | | | | | 1 | 8 | = 4,4046 |
| | | | | | | | 1 | = 0,5505 |

La table suivante est destinée à faciliter au lecteur les calculs de réduction des mesures anglaises employées dans cet ouvrage, en mesures légales françaises.

## TABLE DE RÉDUCTION

*Des mesures anglaises en mesures françaises.*

| | *Inches*, en millimètres. | *Feet*, en mètres. | *Inches carrés*, en centimètres carrés. | *Feet carrés*, en mètres carrés. | *Acres* en ares. | *Imperial gallons*, en litres. | *Feet cubes* en mètres cubes. | *Ounces avoirdupois* en grammes. | *Pounds avoirdupois*, en kilogrammes. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25,400 | 0,30479 | 6,45135 | 0,83610 | 40,4671 | 4,5434 | 0,02832 | 28,338 | 0,45330 | 1 |
| 2 | 50,799 | 0,60959 | 12,90269 | 1,67219 | 80,93420 | 9,08691 | 0,05665 | 56,677 | 0,90659 | 2 |
| 3 | 70,199 | 0,91438 | 19,35408 | 2,50829 | 121,40130 | 13,63036 | 0,08495 | 85,015 | 1,35989 | 3 |
| 4 | 101,598 | 1,21918 | 25,80538 | 3,34439 | 161,86840 | 18,17382 | 0,11326 | 113,354 | 1,80319 | 4 |
| 5 | 126,998 | 1,52397 | 32,25673 | 4,18049 | 202,33550 | 22,71727 | 0,14158 | 141,692 | 2,26648 | 5 |
| 6 | 152,397 | 1,82877 | 38,70808 | 5,01658 | 212,80259 | 27,26072 | 0,16989 | 170,030 | 2,71978 | 6 |
| 7 | 177,797 | 2,13356 | 45,15942 | 5,85268 | 283,26969 | 31,80418 | 0,19821 | 198,369 | 3,17308 | 7 |
| 8 | 203,196 | 2,43836 | 51,61077 | 6,68878 | 323,73679 | 36,34763 | 0,22652 | 226,707 | 3,62637 | 8 |
| 9 | 228,596 | 2,74315 | 58,06211 | 7,52487 | 361,20389 | 40,89109 | 0,25484 | 255,046 | 4,07967 | 9 |
| 10 | 253,995 | 3,04795 | 64,51346 | 8,36097 | 404,67099 | 45,43454 | 0,28316 | 283,384 | 4,53297 | 10 |

Outre les mesures comprises dans la table précédente, Oliver *Evans* s'est servi d'une unité conventionnelle de force, qu'il a nommée *cuboch*, et qui est la force à dépenser pour élever 1 *foot* cube d'eau à 1 *foot* de hauteur; il est facile de s'assurer, d'après les valeurs rapportées dans la table, que cette quantité de force est représentée par l'élévation de 8,630349 litres ou kilogrammes d'eau à la hauteur de 1 mètre.

Si on adopte donc la dénomination de *dynamode*, proposée par M. *Coriolis*, pour la force épuisée par l'élévation de 1000 kilogrammes ou de 1 mètre cube d'eau à 1 mètre de hauteur, on verra facilement que,

1 *cuboch* = 0,008630349 *dynamodes*.

Le *dynamode* est la même unité de force que M. *Clément-Désormes* désigne par le nom de *dynamie*, dans ses leçons au Conservatoire des Arts et Métiers.

M. Charles *Dupin* a proposé d'appeler *dyname*, la force capable d'élever, durant un jour *moyen*, 1000 mètres cubes d'eau à la hauteur d'un mètre; c'est donc 1000 *dynamodes* en 24 heures.

On voit que le temps est pris en considération, quand on mesure les forces en *dynames;* et qu'il n'en est pas ainsi quand on les exprime en *dynamodes*, en *dynamies* ou en *cubochs*.

Dans mes calculs, je me sers avec avantage d'une unité de force représentant l'élévation soit d'un kilogramme, soit d'un décimètre cube ou litre d'eau à 1 mètre de hauteur; unité que je nomme, pour cela, *métrolitre*, et qui est ainsi la millième partie du *dynamode;* de sorte que

1 *cuboch* = 8,630349 *métrolitres*.

Les signes algébriques offrant un moyen fort simple d'abréviation, on s'en est servi dans cet ouvrage. Les personnes peu familières avec l'algèbre en trouveront ici la signification.

Pour écrire que deux choses sont égales entre elles, on les sépare par le signe $=$ que l'on appelle *égale;* on se sert quelquefois aussi de ce signe $::$.

Pour indiquer qu'un nombre doit être ajouté avec un autre, on les sépare par le signe $+$ que l'on prononce *plus*. Ainsi, comme 3 ajouté à 9 donne 12, on écrit $3 + 9 = 12$.

Pour retrancher un nombre d'un autre, on l'écrit à la suite, en le faisant précéder du signe $-$ que l'on appelle *moins*. Ainsi, comme 5 retranché de 19 laisse 14, on écrit $19 - 5 = 14$.

Pour multiplier deux nombres ensemble, on les sépare par un point ou encore par le signe $\times$, qui s'énonce *multiplié par*. Ainsi, comme 5 fois 12 donnent 60, on écrit $5 . 12 = 60$, ou plus ordinairement $5 \times 12 = 60$.

Pour diviser un nombre par un autre, on le fait suivre de ce nombre en interposant l'un ou l'autre de ces signes $:$ et $\div$ que l'on énonce *divisé par*. Ainsi, comme 96 divisé par 12 donne 8 pour quotient, on écrit $96 : 12 = 8$, ou bien $96 \div 12 = 8$.

On indique l'extraction de la racine carrée par ce signe $\sqrt[2]{\phantom{x}}$, ou plus simplement $\sqrt{\phantom{x}}$. Ainsi, comme la racine carrée de 144 est 12, on écrit $\sqrt[2]{144} = 12$, ou bien $\sqrt{144} = 12$.

Pour les racines cubiques, on se sert du signe $\sqrt[3]{\phantom{x}}$. Ainsi, comme la racine cubique de 8 est 2, on écrit $\sqrt[3]{8} = 2$.

Et de même pour les autres racines.

## AVERTISSEMENT DU TRADUCTEUR.

Ainsi que l'a dit l'Éditeur américain: « Le livre » d'Oliver *Évans*, est particulièrement précieux » comme *ouvrage pratique*, » il donne en effet sur les perfectionnemens que l'art de moudre a reçus dans l'Union, et dont une partie nous sont arrivés en passant par l'Angleterre, des détails que des hommes de l'art tels que l'auteur et *Ellicot*, pouvaient seuls nous faire connaître. Ce ne peut être d'ailleurs, qu'une chose très-utile de savoir comment ces ingénieurs et leurs collègues, ont procédé dans l'établissement plus ou moins heureux des récepteurs hydrauliques et des autres parties des moulins à farine. Si le travail d'Oliver *Evans* a déjà eu cinq éditions, il le doit certainement plus aux diverses notions pratiques qu'il renferme, qu'à la partie théorique dont il est précédé, en forme d'introduction.

Mon intention était d'abord de supprimer cette première partie, soit à cause de notions souvent peu exactes qu'on y trouve, soit parce qu'il me semble

peu convenable, à propos d'un traité sur une application particulière de la science, de reprendre l'exposition des principes généraux de cette dernière; mais j'ai pensé ensuite que cette suppression pourrait être blâmée par quelques lecteurs, qui auraient pu croire être privés d'un bon exposé de mécanique à la portée de tout le monde. J'ai donc préféré dans cette édition, traduire le plus littéralement possible le livre d'Oliver *Evans*, afin que, d'après les avis des personnes qui s'intéressent aux applications des sciences, je voie s'il n'y aurait pas lieu de supprimer entièrement dans une édition ultérieure, l'exposé des principes théoriques qu'il renferme et de les remplacer par des notions pratiques, que l'expérience et les perfectionnemens qui auront probablement lieu dans l'art de la meunerie, pourront rendre plus nécessaires, ou du moins plus utiles.

Toutefois il devenait ainsi indispensable de ne pas laisser inaperçues les principales erreurs commises par Oliver *Evans;* et de ne point imiter l'éditeur américain, le professeur Thomas *P. Jones*, qui s'est borné à dire que les théories de l'auteur diffèrent quelquefois des siennes, et qu'il ne prétend ici les défendre ni en justifier les défauts. C'est aux rectifications convenables de l'exposition des principes de la mécanique, que j'ai consacré les premières pages des additions que j'ai faites à l'ouvrage original.

Ces additions traitent en outre du frottement; du tracé des engrenages cylindriques et coniques; des dimensions qu'il faut donner aux dents de ces roues

suivant l'intensité des forces dont elles doivent transmettre l'action; des moteurs en général et des cours d'eau.

J'y ai aussi exposé la théorie de l'action des principales espèces de roues hydrauliques, et présenté quelques observations sur l'emploi mécanique de la vapeur; je donne ensuite des formules générales qui lient les divers élémens des moulins entre eux, et avec les élémens des récepteurs hydrauliques destinés à les mettre en activité de travail. Je parle encore des moulins à vent; des moulins à cylindres; de la construction des surfaces rampantes en hélice; et mon travail est terminé par la description des beaux moulins que *M. Benoist* possède à St-Denis, et des procédés de mouture qu'on y suit. C'est à *M. Paradis*, qui dirige cet établissement avec intelligence, que je suis redevable des élémens des comptes de mouture joints à ma description et de beaucoup d'autres données dont il m'a obligeamment facilité la connaissance.

Si mon travail additionnel peut rendre ma traduction plus utile, j'aurai atteint le but que je me suis proposé.

*Benoît, ingénieur civil.*

# GUIDE DU MEUNIER

ET DU

# CONSTRUCTEUR DE MOULINS.

## PREMIÈRE PARTIE.

---

## MÉCANIQUE ET HYDRAULIQUE.

### § Ier. Premiers principes de la mécanique.

Aucune opération mécanique ne pouvant être exécutée sans faire usage du mouvement, on peut à juste titre le regarder comme le principe et le fondement des machines.

*Axiomes sur le mouvement et le repos.*

1. Un corps en repos restera continuellement dans cet état, s'il n'est mis en mouvement par une force extérieure quelconque (1).

(1) Cette résistance, ou principe d'inaction en vertu duquel un corps persiste dans son état de repos, se nomme *inertie*.

2. Un corps en mouvement continuera à se mouvoir avec la même vitesse et dans la même direction, jusqu'à ce qu'il rencontre une force qui lui résiste (1).

3. L'impulsion qui donne le mouvement et la résistance qui le détruit sont égales.

4. Les causes sont égales ou, du moins, directement proportionnelles à leurs effets.

*Hypothèses ou propositions que l'on peut facilement admettre.*

Il faut une impulsion ou puissance motrice quadruple, pour communiquer à un corps une vitesse double de celle que lui donne l'impulsion ou puissance motrice simple (2).

Ainsi, d'après le troisième axiome, il faut opposer à un corps une résistance quadruple, pour détruire en lui l'effet d'une vitesse double.

Nous nommerons l'impulsion, *puissance motrice*, et la résistance qu'elle surmonte, *effet produit* par cette puissance.

(1) Le même principe d'inertie qui maintient un corps au repos, le force à continuer de se mouvoir en ligne droite, quand le mouvement lui a été imprimé, si cette direction n'est pas changée par une force quelconque ; ainsi tout corps dont le mouvement s'effectue en ligne droite ne peut en être détourné pour suivre une ligne courbe, que par l'action d'une force extérieure ; ces considérations peuvent nous faire connaître les vrais principes de quelques moulins. Voyez la dernière partie du § 73.

(2) Dans le cours de cet ouvrage, je démontrerai qu'une impulsion quadruple ne produit qu'une vitesse double. Voyez les § 7 et 46. Nous ne devons suivre les savans que dans les sentiers de la vérité, parce que, si tous les hommes sont sujets à errer, les savans les plus distingués peuvent se tromper quelquefois.

Si une théorie ne s'accorde pas avec la pratique, nous pouvons soupçonner qu'elle n'est pas vraie ; et la théorie suivant laquelle le *momentum* ou force des corps en mouvement serait comme la vitesse simple de ces corps ne s'accordant pas avec la pratique, en ce qui regarde les effets produits, soit dans le mouvement circulaire, § 13 ; soit par les corps qui tombent, § 9 ; soit par les fluides jaillissans, § 45 ; soit enfin par le vent sur les voiles des moulins, §. 69, nous avons des raisons pour penser que cette théorie n'est pas véritable dans tous les cas.

Digitized by Google

*Corollaire.*

Il suit de là, que les puissances des corps en mouvement, en vertu desquelles ils peuvent produire des effets mécaniques, sont comme les carrés des vitesses qui animent ces corps, c'est-à-dire qu'une double vitesse dans un corps en mouvement lui fait produire un effet quadruple.

§ 2. DES SOURCES DES MOUVEMENS MÉCANIQUES.

Il existe deux principes qui sont les sources de tout mouvement et de toute puissance mécaniques, savoir : la *gravité* et l'*élasticité*, ou le *poids* et le *ressort*.

Toute opération mécanique est exécutée par l'un ou par l'autre de ces principes ou puissances.

Le mot de gravité signifie en général toute espèce d'attraction, mais plus particulièrement celle qui est commune et mutuelle entre tous les corps, et qui est très-évidente entre le soleil et son système planétaire, ainsi qu'entre la terre et la lune (1). Mais nous ne la considérerons ici qu'autant qu'elle se rapporte à cette tendance qu'ont tous les corps terrestres à tomber vers le centre du globe; jusque-là elle concerne les arts mécaniques, et ses lois sont les suivantes :

*Lois de gravité.*

1re *loi.* La gravité est commune à tous les corps et mutuelle entre eux.

2e *loi.* Elle est proportionnelle à la *masse*, c'est-à-dire à la quantité de matière dont les corps sont composés.

3e *loi.* Elle agit en lignes droites dans toutes les directions,

(1) C'est cette gravité ou attraction entre les corps célestes, qui maintient l'ordre de leurs mouvemens dans leurs révolutions autour les uns des autres. Voyez *Ferguson's Lectures*, page 23.

autour du centre de gravité des corps ; en sorte que tous les corps terrestres tendent vers le centre de gravité de la terre (1).

4ᵉ *loi*. Elle décroît comme le carré des distances augmente, c'est-à-dire que, si un corps terrestre était éloigné au double de sa distance du centre de gravité de la terre, ou transporté à 400 *miles* à peu près de hauteur, il n'aurait, dans sa nouvelle position, qu'un quart de la gravité ou poids qu'il avait sur la terre. Mais une petite variation de hauteur à la surface du globe, telle que 50 ou 100 pieds, ne produit pas de différence sensible dans la gravité (2).

Il suit de la troisième loi, que tous les corps qui tombent librement par l'action de la gravité, tendent vers la terre, en lignes droites, perpendiculaires à sa surface, et avec des vitesses égales, mais diminuées par la résistance de l'air ; comme il est évident par la deuxième loi (3).

## § 3. De l'élasticité.

L'élasticité est cette propriété par laquelle un corps a la puissance de recouvrer sa forme et ses dimensions, après

(1) Le centre de gravité d'un corps est celui de ses points par lequel étant suspendu, ce corps reste en repos dans toutes les positions. Voyez § 14.

(2) Le diamètre de la terre étant d'à peu près 8000 *miles*, nous pouvons admettre que son centre de gravité se trouve environ à 4000 *miles* de sa surface. Une petite distance à cette surface, telle qu'un mile en hauteur, ne produira donc pas de différence sensible dans la gravité. Mais quand la distance est assez grande par rapport à l'éloignement du centre de gravité de la terre, alors la puissance de la gravité diminue sensiblement. Ainsi à la distance de la lune, qui, moyennement, est d'à peu près 60 semi-diamètres de la terre, la puissance de la gravité est à sa puissance sur la surface de la terre, comme 1 est à 3600. Voyez *Martin's Philosophy*.

(3) Cette résistance est proportionnelle aux surfaces des corps : ainsi plus les corps sont petits pour des quantités égales de matière, plus les vitesses de leurs chutes sont grandes. Mais il a été prouvé par expérience que, dans le vide, une plume tombe avec la même vitesse qu'une *guinée*. Voyez *Ferguson's Lectures*, page 183.

qu'elles ont été changées par une action extérieure. Cette force analogue à celle d'un ressort qu'on plie ou remonte, de l'air ou de la vapeur renfermés dans un vaisseau qu'on chauffe, etc., est appliquée à l'exécution de beaucoup d'opérations mécaniques.

Les limites de cette puissance prodigieuse de répulsion qui a lieu entre les particules d'air chaud ou celles de la vapeur sont encore inconnues. On peut juger des effets de cette force par l'explosion de la poudre à canon, par le craquement du bois dans le feu, etc. Enfin dans tous les cas où la vapeur, chauffée, n'a pas trouvé de place pour s'étendre, elle a crevé le vaisseau dans lequel elle était renfermée, et a mis en danger la vie de ceux qui étaient dans le voisinage (1).

Ayant l'intention d'exposer tout ce qui est nécessaire pour bien comprendre la science des machines, qui dépend beaucoup des principes de la gravitation, nous allons étudier, tant la nature, les espèces et les différens effets du mouvement des corps mobiles, que la composition et le mécanisme de toutes

(1) Un infortuné et ingénieux jeune homme, ayant préparé un vase de fer forgé, d'environ 3 pouces de diamètre et 9 pouces de longueur, le remplit en partie d'eau, et le plaça sur un feu de forge pour faire quelques expériences; mais l'ouverture par laquelle la vapeur devait sortir s'étant bouchée accidentellement, le vase éclata avec un bruit semblable à celui du canon, et le blessa très-dangereusement en lui emportant le bras droit, que l'on trouva sur une des poutres de l'atelier. Cette puissance prodigieuse est appliquée à l'épuisement de l'eau des mines de charbon, à une grande profondeur et en quantité surprenante, à faire tourner des moulins, et je pense qu'on pourrait l'appliquer à des usages très-utiles, auxquels on n'a pas encore songé.

On pourrait dire bien des choses à ce sujet, mais comme cela n'est d'aucune utilité immédiate dans cet ouvrage, je ne désire qu'exciter la curiosité du lecteur, afin qu'il lise les nouveaux ouvrages de physique qui en traitent plus au long, et auxquels je le renvoie, aussi bien qu'à mon dernier ouvrage intitulé : *The abortion of the young steam-engineer's guide.*

M. Doolittle a fait passer dans la langue française, en 1821, cet ouvrage d'*Oliver Ewans*, sous le titre de *Manuel de l'Ingénieur mécanicien constructeur de machines à vapeur*, in-8° de 222 pages et 7 planches.

Digitized by Google

les sortes de machines, soit simples, soit composées, appelées vulgairement *puissances mécaniques*.

### § 4. Des mouvemens absolu et relatif.

Le mouvement résulte d'un changement continuel et successif d'espace ou de lieu ; il est ou absolu ou relatif.

Le mouvement absolu d'un corps résulte de son passage d'une partie de l'espace à une autre ; tel est le mouvement de la terre dans son orbite.

Le mouvement relatif est celui dont un corps est animé relativement à un autre corps : tel est le mouvement de deux oiseaux qui volent dans l'espace ou de deux vaisseaux qui voguent sur les mers (1).

### § 5. Des mouvemens uniforme, accéléré et retardé.

Le mouvement est ou uniforme, ou accéléré, ou retardé.

Le mouvement uniforme a lieu quand un corps parcourt des espaces égaux pendant des durées de temps égales.

(1) Si deux vaisseaux se meuvent en mer, avec la même vitesse et dans la même direction, alors leur mouvement absolu est le même, et ils n'ont pas de mouvement relatif; aussi une personne à bord de l'un d'eux ne verra pas l'autre se mouvoir. De là vient que, quoique la terre tourne continuellement autour de son axe avec une vitesse à l'équateur de 1042 *miles* par heure, et autour du soleil avec un mouvement absolu continuel et une vitesse d'environ 58,000 *miles* aussi par heure, comme tous les objets de la surface ont les mêmes mouvemens absolus, ils paraissent être en repos. De même, le mouvement des corps terrestres nous paraît être absolu, lorsqu'on le compare avec des points choisis sur la surface de la terre : cependant si nous prenons en considération le mouvement absolu de la terre, tous les mouvemens qui existent sur cette planète deviendront simplement relatifs.

Mais si deux vaisseaux voguent et se croisent avec la même vitesse, ils paraîtront, au spectateur à bord, se mouvoir avec le double de leurs vitesses respectives réelles. C'est par cette raison que, lorsqu'un homme marche contre le vent il en trouve la force plus grande qu'elle ne l'est réellement, et qu'il la trouve au contraire plus petite quand il marche avec le vent.

Le mouvement accéléré est celui qui augmente continuellement, tel est le mouvement des corps qui tombent (1).

Le mouvement retardé décroît continuellement; le mouvement d'un boulet de canon lancé verticalement dans l'air en offre un exemple (2).

### § 6. Des momentums instantané et effectif.

Le *momentum* ou quantité de mouvement est cette puissance ou force motrice qu'a un corps en mouvement pour produire des effets mécaniques en frappant un obstacle; il est égal à la force imprimée au corps, et par laquelle il a été contraint de

(1) Un corps qui chute est constamment sollicité par sa propre gravité; c'est pourquoi son mouvement augmente continuellement.

(2) Un boulet de canon lancé verticalement en l'air éprouve une résistance continuelle de la part de sa propre gravité; aussi son mouvement décroît continuellement, et il s'arrête aussitôt que la somme de ces résistances devient égale à la première impulsion, selon le 3e axiome, § 1er. Alors le boulet commence à descendre, et sa vitesse augmente continuellement par cette même puissance de sa gravité; son mouvement en descendant est égal à son mouvement en montant, aux mêmes points de la trajectoire, tellement que ce boulet doit retomber dans la bouche du canon avec la même vitesse et la même force qu'il avait en partant; et le temps de sa montée sera égal à celui de sa descente. Un corps ainsi lancé est considérablement retardé par la résistance de l'air atmosphérique, mais il en est affecté de la même manière, soit en s'élevant dans l'espace, soit en retombant vers la terre.

D'après ce principe du mouvement accéléré dans les corps qui tombent, on voit la raison pour laquelle de l'eau versée par le bec d'une bouilloire à thé ne se maintient en un jet serré que sur une longueur d'environ deux pieds, et pourquoi ce jet devient plus mince à mesure qu'il approche de l'endroit où il se divise en gouttes. L'attraction de la cohésion tient l'eau réunie en masse jusqu'à ce que le mouvement accéléré par sa chute, qui rend le jet de plus en plus mince, surmonte cette cohésion : alors le jet se divise en gouttes, et ces gouttes se séparent de plus en plus pendant qu'elles tombent; ainsi, si les nuages se résolvaient en torrens, l'eau arriverait en gouttes sur la terre. Ceci peut servir à démontrer le désavantage qu'il y a à placer l'ouverture de la vanne d'un moulin en-dessous à une grande distance des aubes de la roue; mais je traiterai ce sujet par la suite. Voyez § 59.

changer de place, selon le troisième axiome, § Ier. Je pense qu'on doit en distinguer de deux espèces, savoir : le *momentum* instantané et le *momentum* effectif.

1° Le *momentum instantané* ou force des corps mouvans est en raison composée de leur quantité de matière et de leurs vitesses. Ainsi le poids du corps $A$, multiplié par sa vitesse, est au poids du corps $B$, multiplié par sa vitesse, comme la force instantanée de $A$ est à la force instantanée de $B$. Si, par exemple, $A$ a 4 livres de matière et 1 degré de vitesse, et $B$ 2 livres de matière et 4 degrés de vitesse, alors les *momentums* des chocs de ces corps, arrêtés instantanément par un obstacle, seront comme 4 est à 8.

2° Le *momentum effectif*, ou puissance motrice des corps en mouvement, est tout l'effet qu'ils peuvent produire en choquant un obstacle qui cède ; il est en raison composée de leurs poids, multiplié par les carrés de leurs vitesses : ainsi le poids du corps $A$, multiplié par le carré de sa vitesse, est au poids du corps $B$ multiplié par le carré de sa vitesse, comme le *momentum* effectif de $A$ à celui de $B$. Si $A$ a 2 livres de matière et 2 degrés de vitesse, et $B$ 2 livres de matière et 4 degrés de vitesse, alors les *momentums* effectifs de ces corps sont comme 8 est à 32, c'est-à-dire qu'un même corps, animé d'une vitesse double, produit un effet quadruple (1).

## § 7. Lois générales du mouvement.

Les lois générales du mouvement sont les trois suivantes.

1re *loi*. Tout corps restera dans le même état, soit qu'il soit en repos, soit qu'il se meuve uniformément en ligne droite,

(1) Le *momentum instantané* est ce que les auteurs français appellent *quantité de mouvement*; c'est le produit de la masse d'un corps multiplié par la vitesse qui l'anime. Le *momentum effectif* est ce que ces mêmes auteurs nomment *force vive*; c'est le produit de la masse d'un corps multipliée par le carré de la vitesse dont il est animé.

Digitized by Google

à moins qu'il ne soit contraint à changer d'état par l'action d'une force imprimée du dehors (1).

2e *loi.* Le changement de mouvement ou de vitesse est toujours proportionnel à la racine carrée de la force mouvante imprimée et en ligne droite avec la direction de cette force : ce changement n'est pas proportionnel à la force (2).

3e *loi.* L'action et la réaction sont toujours égales, et leurs directions opposées (3).

(1) Selon la première loi, un corps restera en repos éternellement par sa force d'inertie ou puissance inactive; de même un corps en mouvement continuera à parcourir des distances égales en temps égaux, s'il ne rencontre aucune résistance, et son mouvement aura toujours lieu en ligne droite. N'ayant aucune résistance à vaincre, les planètes et les comètes poursuivent leur mouvement sans diminution, tandis que, sur la terre, des boules ou des roues sont bientôt réduites à l'état de repos par la résistance de l'air, et par le frottement des parties sur lesquelles elles se meuvent. Voy. *Ferguson's Lectures on mechanics.*

C'est ce frottement des parties et cette résistance de l'air, qui *rendent impossible le mouvement perpétuel*, parce que ce frottement et cette résistance doivent être vaincus ; et quoiqu'on puisse les réduire à peu de chose, l'homme ne peut point, avec tout son art et à l'aide de combinaisons mécaniques, gagner assez de puissance pour les surmonter. Les savans ont démontré l'impossibilité de produire le mouvement perpétuel; mais je pense que personne ne devrait affirmer qu'on ne le trouvera jamais, car les cieux nous en offrent une infinité d'exemples. Si un homme voulait passer son temps à cette recherche, il devrait chercher une puissance déjà créée pour l'appliquer à cet usage, et ne point s'attacher à en créer une.

(2) Ceci est évident, lorsque nous considérons qu'un corps doit tomber d'une hauteur quadruple pour acquérir une vitesse double, selon le § 9, et qu'une charge ou pression quadruple de fluide produit une vitesse double à l'orifice, selon le § 46. La vitesse dans ces deux cas est comme la racine carrée de l'impulsion, et l'impulsion comme le carré de la vitesse; ainsi le changement du mouvement effectif ou vitesse sera toujours comme la racine carrée de l'impulsion ou force imprimée, et cette force imprimée comme le carré de la vitesse ou mouvement effectif.

(3) L'action et la réaction sont égales, c'est-à-dire que, si un marteau frappe une enclume, l'enclume réagit à son tour contre le marteau avec une force égale à l'action de ce marteau lui-même.

L'action de nos pieds contre la terre et la réaction de la terre contre nos

### § 8. Du momentum ou force des corps en mouvement.

1° Si deux corps non élastiques, *A* et *B*, *fig.* 1, ayant chacun la même quantité de matière, se rencontrent avec des vitesses égales, ils restent immobiles après le choc, parce que leurs *momentums* sont égaux. En effet, si chacun de ces corps a 2 livres de matière et 10 degrés de vitesse, leurs *momentums* instantanés sont chacun de 20.

Mais si les deux corps mentionnés sont parfaitement élastiques, ils s'éloignent l'un de l'autre, après le choc, avec la même vitesse qu'ils avaient en se rencontrant, parce que l'action et la réaction doivent être égales, d'après la 3e loi générale du mouvement, § 7 (1).

2° Si deux corps non élastiques, *A* et *B*, *fig.* 2, se meuvent dans la même direction avec des vitesses différentes, et se heurtent l'un l'autre, ils se mouvront ensemble, après le choc, avec une vitesse telle, qu'étant multipliée par la somme de leurs poids, elle produise un *momentum* instantané égal à la somme de ceux que les corps avaient avant le choc. Ainsi, si les corps *A* et *B* sont chacun du poids de 1 livre, si de plus

pieds sont égales. L'action de la main qui lance une pierre et la réaction de la pierre contre la main sont aussi égales. Si un canon pesant 6400 livres donne à un boulet de 24 livres une vitesse de 640 pieds par seconde, l'action de la poudre sur le boulet et sa réaction contre le canon sont égales ; et si le canon peut se mouvoir librement, il acquerra une vitesse telle, qu'étant multipliée par son poids, elle fournisse un produit égal à celui que donne la vitesse du boulet multipliée par son poids. Les *momentums* instantanés du boulet et du canon sont toujours égaux. Voyez *Martin's Philosophy*.

(1) Ceci démontre que les corps non élastiques communiquent seulement la moitié de leur force primitive, parce que la force nécessaire pour faire éloigner les corps l'un de l'autre est égale à la force qui leur a donné la vitesse pour se rencontrer, et la force qui oblige un corps à reculer avec la vitesse 10 est égale à la force qui détruit en lui cette même vitesse 10.

le premier est animé de 8 degrés de vitesse et le second de 4 degrés seulement, la somme de leurs *momentums* instantanés avant le choc sera 12 ; donc, après le choc, leur vitesse ne devra être que de 6 degrés, pour que, multipliée par la quantité 2 livres de matière des deux corps, elle produise 12, nombre égal à la somme de leurs *momentums* instantanés. Mais si les corps étaient élastiques, le mouvement de *A* serait de 4, et celui de *B* de 8 degrés de vitesse après le choc, et la somme de leurs *momentums* instantanés vaudrait toujours 12, comme avant (1).

3° Si un corps non élastique *A*, dont la quantité de matière est 1, est animé de 10 degrés de vitesse, et frappe le corps en repos *B*, ayant la même quantité de matière 1, ces corps se mouvront ensemble, après le choc, avec 5 degrés de vitesse. Mais si ces corps sont élastiques, *B* partira avec 10 degrés de vitesse, et *A* restera en repos, selon la 3ᵉ loi générale du mouvement, § 7 (2).

Il est universellement reconnu que, quel que soit le *momentum* instantané donné à un corps, ce *momentum* est perdu par le corps qui le lui communique.

4° Si le corps *A*, *fig.* 3, reçoit au même instant et suivant des directions différentes, deux impulsions suffisantes pour le pousser, en temps égaux, la première de *A* en *B*, et l'autre de *A* en *D*, alors l'action, composée de ces forces, le poussera suivant la ligne diagonale *A C*, et il arrivera en *C* dans le même temps qu'il serait arrivé en *B* ou en *D* par une seule impulsion ;

(1) Parce que les corps élastiques qui se choquent reculent, après le coup, avec une vitesse égale à celle qu'ils avaient en se rencontrant : ainsi, si un corps lourd en mouvement choque un corps plus léger en repos, il lui communiquera une plus grande vitesse que celle avec laquelle il l'aura choqué ; car, si le corps lourd n'est pas arrêté, et s'il s'avance après le choc avec une certaine vitesse, cette vitesse, ajoutée à la vitesse avant le choc, sera la vitesse du corps léger.

(2) Ceci démontre encore que les corps non élastiques ne communiquent que la moitié de leur force. La connaissance de ce résultat est d'une grande utilité pour établir une vraie théorie des moulins à eau.

et les forces projectives de ces chocs sont comme les carrés des côtés du parallélogramme, suivant la 2e loi, § 7 (1).

5° Si un corps parfaitement élastique tombe librement de 4 *feet* de hauteur sur un plan aussi parfaitement élastique, d'a-

(1) Cette doctrine du *momentum* des corps en mouvement et de la communication du mouvement, qui les suppose proportionnels aux vitesses simples de ces corps, fut enseignée par Isaac *Newton;* elle a été admise, jusqu'à ce jour, par ses disciples, et paraît être véritable, seulement quand la force entière est instantanément dépensée ou communiquée. C'est pourquoi je me sers du terme momentum instantané. J'ai fait des expériences en faisant frapper des poids l'un contre l'autre avec différentes vitesses, tant sur le principe des pendules, qu'en les faisant mouvoir suivant des cercles horizontaux; et dans les deux cas, 4 livres avec la vitesse 1, ont balancé 2 livres avec la vitesse 2; les momentums étaient chacun 4 : ainsi la vérité de la théorie paraît être prouvée. Cependant nous avons raison de douter qu'elle soit véritable sous tous autres rapports, parce qu'elle ne s'accorde pas avec la pratique. Tous les corps que nous avons mis en mouvement pour produire des effets mécaniques les ont produits proportionnels aux carrés de leurs vitesses ou à peu près, comme on le verra dans le courant de cet ouvrage.

Je crains de me rendre ridicule en doutant d'une théorie qui a été longtemps admise, mais je pense que l'on ne devrait suivre les autres que dans le sentier de la vérité. Il n'y a aucun doute qu'Isaac *Newton* voulait dire que la force serait instantanément dépensée, et j'ai toujours ouï dire que les savans italiens et hollandais ont enseigné, depuis 100 ans, que le momentum des corps en mouvement est comme le carré de leurs vitesses; et j'avoue que cela me paraît véritable quant aux effets qu'ils produisent, qui sont généralement comme leurs masses ou poids multipliés par les carrés de leurs vitesses. J'ai trouvé qu'il est impossible d'accorder la théorie de la force des corps en mouvement, proportionnelle à leur simple vitesse, avec les lois du mouvement circulaire, § 13, où une vitesse double produit une force centrale quadruple; des corps tombans, § 9, où la vitesse est comme la racine carrée de l'impulsion ou hauteur de la chute, et les effets comme les carrés; des vitesses des *projectiles*, où une double vitesse produit une portée quadruple, § 12; des corps glissans sur des plans inclinés, § 10, où les vitesses sont comme les racines carrées des descentes verticales et les effets comme les carrés de leur vitesse; des fluides jaillissans, § 45, où les vitesses sont comme les racines carrées de leurs hauteurs verticales ou pressions, et leurs effets comme les carrés de leurs vitesses, avec des masses égales; du vent sur les voiles de moulin, § 69, où les effets sont comme les cubes des vitesses du vent, parce qu'ici la masse est comme la vitesse,

près les lois de la chute des corps, § 9, il frappera ce plan avec une vitesse de 16,2 *feet* par seconde, et il s'élèvera, par l'effet de la réaction, à la même hauteur d'où il est tombé, dans une demi-seconde : s'il tombe de 16 *feet*, il frappera le plan avec une vitesse de 32,4 *feet*, et il s'élèvera à 16 *feet* dans une seconde. Maintenant, si nous appelons effet l'élévation du corps, nous verrons qu'une vitesse double, dans ce cas, produit un effet quadruple durant un temps double. Il résulte de là qu'un corps qui se meut dans un milieu résistant, avec une vitesse double, doit continuer à se mouvoir pendant un temps double, et doit parcourir une distance quatre fois aussi grande ; ce qui répond à un effet mécanique quadruple (1).

*De la non-élasticité dans les corps qui se choquent.*

1° Si *A* et *B*, *fig.* 4, sont deux colonnes ayant la même quantité de matière non élastique au même degré, et animées de vitesses égales et contraires, elles se choqueront en *ee*, détruiront réciproquement leur mouvement, et resteront en re-

de sorte que l'effet des masses égales étant comme les carrés des vitesses, ces effets seront alors comme les cubes de ces vitesses elles-mêmes.

Mais quand j'eus découvert qu'une impulsion quadruple est nécessaire pour donner une vitesse double aux corps qui chutent, et aux fluides jaillissans ; et que par l'axiome 3, la puissance qui produit le mouvement dans un corps, et celle qui détruit ce mouvement, étaient égales entre elles, j'en tirai la conclusion que les effets produits par des corps en mouvement sont comme les carrés de leurs vitesses ; alors je trouvai que la théorie s'accordait avec la pratique. Désormais, je dirai que le *momentum effectif* ou force motrice des corps en mouvement est comme le carré de leurs vitesses.

(1) Nous ne devons pas tenir compte du temps, en calculant la force effective des corps en mouvement, parce que, si 1 livre de matière animée de 1 degré de vitesse produit en un temps inconnu, un certain effet, avant que son mouvement ait cessé, toute autre livre de matière, mue avec une vitesse égale, produira un effet égal dans le même temps : si une livre de matière se meut avec une vitesse double, elle produira 4 fois l'effet, mais durant un temps double. Cette différence de temps n'affecte donc aucunement la somme totale des effets de la matière mise en mouvement pour activer une machine quelconque. Ainsi, nous devons entièrement négliger le temps dans ce calcul, puisqu'il ne tend qu'à nous induire en erreur.

pos, pourvu qu'il ne s'en sépare aucune partie de matière.

2° Si *A* étant élastique et *B* non élastique, ces corps se rencontrent en *ee*, ils continueront à s'approcher l'un vers l'autre après le choc, d'une petite quantité égale à la moitié de l'étendue dont le corps *A* se raccourcit par l'effet du choc.

3° Mais si *B* est une colonne de fluide qui, après avoir frappé *A*, s'écoule latéralement suivant une direction perpendiculaire, alors, quelle que soit la somme totale des *momentums* de ces particules latéralement, elle n'a pas été communiquée à *A*; cependant *A* continue à se mouvoir après le choc, avec le momentum déjà mentionné.

4° On n'a pas encore déterminé avec quelle partie de la vitesse de percussion le fluide continue à se mouvoir latéralement après le choc. D'après quelques expériences que j'ai faites en petit, mais sur lesquelles on ne doit pas trop compter, je suppose qu'elle est de plus de la moitié, parce que l'eau tombant de 4 *feet* de hauteur, et frappant ainsi un plan horizontal avec 16,2 *feet* de vitesse, lance quelques gouttes à 9 *feet* de distance; je dis 10 *feet*, car il convient d'accorder 1 *foot* pour la perte due au frottement, etc. Or nous devons supposer que ces gouttes ont eu leurs directions sous des angles de 45 degrés, parce qu'il est démontré dans la physique de *Martin*, page 135, vol. 1[er], qu'un corps lancé sous un angle de 45 degrés franchit la plus grande distance horizontale possible; tellement qu'un corps tombant de 4 *feet*, et, réfléchi à 45 degrés avec sa vitesse acquise, 16,2 *feet*, atteindra une distance horizontale de 16 *feet*, ou quatre fois la hauteur de la chute. Ainsi, 2,5 *feet* ou $\frac{1}{4}$ de 10 *feet*, intervalle franchi par les gouttes d'eau, est la chute qui produira la vitesse qui l'a fait franchir; cette vitesse est donc de 12,64 *feet* par seconde, à peu près $\frac{3}{4}$ de 16,2 *feet* vitesse du choc.

5° Si la force des fluides qui se choquent est comme le carré de leur vitesse, ainsi qu'on le prouve § 67, par expérience, et comme il est démontré § 46, alors le rapport de la force de cette vitesse latérale, 12,64 *feet* par seconde, avec la force de la vitesse directe, est celui de 160 à 256; ainsi plus de la

moitié, environ 0, 61, de la force entière est perdue dans ce cas par la non-élasticité.

6° Cette force latérale ne peut plus être employée à produire une autre force directe après qu'un premier obstacle a été frappé, parce que alors son action et sa réaction se balancent l'une l'autre, ce que je démontre à l'aide de la *fig.* 5. Soit *A* un obstacle contre lequel frappe la colonne d'eau *G A*, animée d'une vitesse quelconque : supposons qu'à l'instant où *A* est choqué, l'eau change de direction à angles droits, avec une partie de sa vitesse primitive pour frapper *B*, *B*; qu'elle change encore de direction contre ces obstacles et frappe en avant contre *C*, *C*, et en arrière contre *D*, *D*; qu'elle frappe encore *E*, *E*..., suivant les directions latérales et ainsi de suite; il est évident que tous ces mouvemens s'entredétruisent et se balancent exactement.

Ainsi, si nous supposons que l'obstacle *A* est l'aube d'une roue hydraulique *en dessous*, l'eau ne peut être d'aucune utilité ultérieure en continuant de la pousser après la première impulsion ; ce serait plutôt là un désavantage, parce que l'élasticité de l'aube la fera rebondir jusqu'à un certain point, et rejettera l'eau contre l'aube suivante. Il vaut donc mieux laisser l'eau s'échapper dès que l'impulsion est donnée, mais pas trop tôt, car il faut un certain temps pour qu'elle agisse, temps qui est proportionnel à l'intervalle compris entre les aubes.

D'après ces considérations, nous pouvons conclure que les plus grands effets que l'on puisse obtenir du choc des fluides ne s'élèveront pas à plus de la moitié de la puissance qui leur donne le mouvement; qu'ils seront même beaucoup moindres, si ces fluides ne sont pas employés d'une manière judicieuse; et que l'effet mécanique dû à la force du choc des corps non élastiques est en proportion de leur non-élasticité.

## § 9. Lois de la chute des corps.

Le mouvement des corps qui tombent librement par leur gravité, dans le vide ou milieu non résistant, est soumis aux lois suivantes :

Digitized by Google

1re *loi.* Ce mouvement est uniformément accéléré (1).

2e *loi.* La vitesse des corps est toujours proportionnelle au temps de la chute, et ce temps est proportionnel à la racine carrée de la hauteur verticale parcourue (2).

3e *loi.* Les espaces parcourus sont comme les carrés des temps ou durées des chutes, et encore comme les carrés des vitesses acquises; ainsi (3) :

4e *loi.* Les vitesses acquises par les corps sont comme les racines carrées des espaces parcourus, et leur force pour produire des effets mécaniques est proportionnelle à ces espaces eux-mêmes (4).

5e *loi.* L'espace parcouru pendant la première seconde est à peu près 16, 2 *feet*, et la vitesse acquise au point le plus bas de la course est 32, 4 *feet* par seconde.

6e *loi.* Un corps lancé horizontalement avec la vitesse qu'il acquerrait par une chute quelconque, décrirait dans un temps égal à la durée de la chute un espace double de cette chute elle-même (5).

(1) Il est évident que, pendant des durées de temps égales, le corps reçoit des impulsions, de la part de la gravité, capables de lui faire parcourir des espaces égaux, et de lui donner une augmentation égale de vitesse. Ainsi, la gravité produira des effets égaux en temps égaux, et la vitesse sera proportionnelle au temps.

(2) Si la vitesse, à la fin d'une seconde, est de 32,4 *feet*, à la fin de deux secondes, elle sera de 64,8 *feet*, à la fin de trois, 97,2 *feet* par seconde, ainsi de suite.

(3) C'est-à-dire, le carré d'une seconde est à l'espace parcouru correspondant 16,2 *feet*, comme le carré de 2 secondes, qui est 4, est à 64,8 *feet*, espace parcouru à la fin de 2 secondes, et ainsi de suite pour tout autre nombre de secondes. C'est pourquoi les espaces parcourus à la fin de chaque seconde seront comme les nombres carrés 1, 4, 9, 16, 25, 36, etc., et les espaces successivement parcourus durant chaque seconde en particulier seront comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, etc.

(4) C'est-à-dire, la racine carrée de 4, qui est 2, est à 16,2 *feet*, vitesse due à une chute où espace parcouru, de 4 *feet*, comme la racine carrée de tout autre espace, est à la vitesse acquise par le corps qui le parcourt dans sa chute.

(5) C'est-à-dire que, si nous supposons qu'un corps, lorsqu'il arrive au point le plus bas de sa chute et qu'il a acquis sa plus grande vitesse, se détourne

7[e] *loi.* La somme totale des impulsions effectives agissant sur les corps qui tombent et auxquels elles impriment la vitesse, est proportionnelle à l'espace parcouru (1). Or la vitesse de ces corps étant comme la racine carrée de ce même espace, ou, ce qui revient au même, comme la racine carrée de l'impulsion totale, il en résulte que :

8[e] *loi.* Les momentums ou forces acquises par ces corps pour produire des effets mécaniques, sont comme les carrés de leurs vitesses(2), ou directement comme les espaces parcourus, et que les temps nécessaires pour produire ces effets, sont proportionnels aux racines carrées des chutes parcourues (3).

en direction horizontale et que sa vitesse reste uniforme, il parcourra dans la même durée de temps le double de l'espace qu'il a déjà décrit par sa chute.

(1) Ceci est évident lorsqu'on considère que les corps, pendant qu'ils parcourent des parties égales de leur chute, reçoivent de la part de la gravité des impulsions effectives égales. Ainsi, une chute quadruple donne 4 fois l'impulsion effective (mais pas instantanée).

(2) Ceci est évident lorsque nous considérons qu'une chute ou impulsion quadruple ne produit qu'une vitesse double, et que, selon le troisième axiome, une résistance quadruple est nécessaire pour arrêter une vitesse double; conséquemment la force des corps est proportionnelle au carré de leur vitesse, ce qui la ramène à suivre directement la proportion de l'espace parcouru; cela s'accorde avec la deuxième loi des fluides jaillissans, § 45.

(3) C'est-à-dire que, si un corps tombe de la hauteur de 16 *feet*, et frappe un corps non élastique tel que du fer chaud, du plomb, de l'argile, etc., il le choquera avec la vitesse de 32 *feet*, et produira un certain effet dans un certain temps; si ce même corps tombe de 64 *feet*, il frappera avec la vitesse de 64 *feet*, et produira un effet quadruple dans un temps double. En effet, si un corps parfaitement élastique tombe de 16 *feet* en une seconde, et frappe un plan parfaitement élastique avec la vitesse acquise de 32 *feet*, il rebondit à 16 *feet* dans une seconde; de même que, si ce corps tombe pendant 2 secondes, il parcourra 64 *feet*, frappera avec la vitesse de 64 *feet*, et rebondira à 64 *feet* en 2 secondes. Maintenant, si nous regardons le bond de ce corps comme l'effet de la vitesse du choc, ce qui est dans le fait, alors nous verrons clairement tout ce qui précède. Mais si j'avance ici, quelque chose qui soit contraire à l'opinion de beaucoup d'hommes instruits et d'auteurs ingénieux, on ne doit pas l'adopter avant de s'être assuré que cela s'accorde avec la pratique.

9e *loi*. La résistance que les corps graves éprouvent dans un temps donné, de la part du milieu résistant où ils se meuvent, est proportionnelle aux surfaces de ces corps et aux cubes de leurs vitesses (1).

(1) Ce qui est évident, si nous considérons, 1° que c'est en proportion des surfaces que les corps éprouvent la résistance à se mouvoir; 2° qu'un corps animé d'une vitesse double frappe une quantité double de particules résistantes, dans le même temps; 3° qu'ensuite de cette vitesse double, chaque particule est frappée avec le double de la force instantanée, ou le quadruple de la force effective. Voyez § 6.

Ainsi, la résistance instantanée est comme le carré de la vitesse du corps, de sorte que dans l'air elle acquiert bientôt un degré de force égal à celui de la gravité, et ralentit le mouvement jusqu'à ce qu'il soit devenu uniforme. C'est par cette raison que la grêle et la pluie tombent avec une force si modérée, tandis que, si l'air n'offrait pas de résistance, leur chute serait fatale à ceux qui y seraient exposés. Comparez ceci avec l'effet du vent sur les voiles de moulin, qui, d'après l'expérience, est comme le cube de la vitesse, § 69; et avec les effets des fluides jaillissans, qui, avec des ouvertures d'écoulement égales, sont, par expérience, comme les carrés de leurs vitesses, § 67, et 7e loi des fluides jaillissans.

Considérons encore que la masse ou contenu solide des corps diminue comme les cubes de leurs diamètres, pendant que leurs surfaces décroissent seulement comme les carrés de leurs diamètres : conséquemment, plus le corps est petit, plus la résistance est grande en proportion de son poids. Voilà pourquoi les corps lourds réduits en poussière flottent dans l'air aussi bien que les plumes et beaucoup d'autres corps, qui, sous une grande surface, offrent peu de matière. Ceci semble montrer que l'air est peut-être aussi lourd que toute autre matière quelconque, dont les particules auraient le même degré de petitesse.

Telles sont les lois de la chute des corps, en supposant qu'ils tombent dans le vide, ou dans un milieu non résistant; et, sans considérer que la gravité augmente comme décroît le carré de la distance au centre de gravité ou d'action de la puissance qui attire, 4e loi de la gravité, § 2; parce qu'une petite distance, telle que celle que nous avons occasion d'observer dans la pratique, n'occasionne pas de différence sensible. Mais comme les corps terrestres tombent dans l'air, milieu très-résistant, et dont la résistance instantanée est proportionnelle à la surface que ces corps lui présentent en tombant, et aux carrés de leurs vitesses, leur mouvement différera beaucoup de ces lois, s'ils tombent de grandes hauteurs ou s'ils sont très-légers; des corps lourds qui tombent de petites hauteurs, telles que 30 pieds ou moins, ne présentent pas de différences sensibles dans la pratique ordinaire.

*Table du mouvement des corps graves dans le vide.*

1re PARTIE.

| Chute ou espace parcouru mesuré en *feet*. | Vitesse par seconde, due à la chute correspondante et exprimée en *feet* et décimales. |
|---|---|
| 1 | 8,1 |
| 2 | 11,4 |
| 3 | 14, |
| 4 | 16,2 |
| 5 | 18, |
| 6 | 19,84 |
| 7 | 21,43 |
| 8 | 22,8 |
| 9 | 24,3 |
| 10 | 25,54 |
| 11 | 26,73 |
| 12 | 28, |
| 13 | 29,16 |
| 14 | 30,2 |
| 15 | 31,34 |
| 16 | 32,4 |
| 17 | 33,32 |
| 18 | 34,34 |
| 19 | 35,18 |
| 20 | 36,2 |
| 21 | 37,11 |
| 36 | 48,6 |
| 49 | 56,7 |
| 64 | 64,8 |
| 100 | 81, |
| 144 | 97,2 |

2e PARTIE.

| Temps durant lequel la chute s'effectue, exprimé en secondes. | Chute ou espace parcouru correspondant, exprimé en *feet* et décimales. | Vitesse acquise à la fin de chaque seconde, et exprimée en *feet* et décimales. |
|---|---|---|
| ,125 | ,25 | 4, |
| ,25 | 1,01 | 8,1 |
| ,5 | 4,05 | 16,2 |
| ,75 | 9,11 | 24,3 |
| 1, | 16,2 | 32,4 |
| 2, | 64,8 | 64,8 |
| 3, | 145,8 | 97,2 |
| 4, | 259,2 | 129,6 |
| 5, | 305, | 162, |
| 6, | 583,2 | 194,4 |
| 7, | 793,8 | 226,8 |
| 8, | 1036,8 | 259,2 |
| 9, | 1312,2 | 291,6 |
| 10, | 1620, | 324, |
| 30, | 14580, | 972, |
| 60, | 58320, | 1944, |

## *Échelle du mouvement des corps graves.*

| Durée de la chute en secondes. | Espaces parcourus, égaux chacun à 16,2 *feet.* | Dans cette Table le temps est divisé en secondes, et les espaces absolus sont proportionnés à cette division; mais les rapports sont les mêmes, pour les minutes, les heures et pour toute autre période prise pour unité de mesure du temps. | Espaces parcourus durant chaque seconde. Ils suivent la série des nombres impairs. | Rapport des vitesses acquises. Ce sont les racines carrées des chutes parcourues. | Valeurs absolues des chutes totales parcourues à la fin de chaque seconde. |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | | |
| 1″ | 1 | — · — *a*<br>Vitesse acquise au bout de 1″ = 32,4 *feet.* | 1 | 1 | 16,2 |
| | 2 | | | | |
| | 3 | | | | |
| 2″ | 4 | — · — · — · — *b*<br>Vitesse acquise au bout de 2″ = 64,8 *feet.* | 3 | 2 | 64,8 |
| | 5 | | | | |
| | 6 | | | | |
| | 7 | | | | |
| | 8 | | | | |
| 3″ | 9 | — · — · — · — · — · — *c*<br>Vitesse acquise au bout de 3″ = 97,2 *feet.* | 5 | 3 | 145,8 |
| | 10 | | | | |
| | 11 | | | | |
| | 12 | | | | |
| | 13 | | | | |
| | 14 | | | | |
| | 15 | | | | |
| 4″ | 16 | · — · — · — · — · — · — · — *d*<br>Vitesse acquise au bout de 4″ = 129,6 *feet.* | 7 | 4 | 259,2 |

Cette échelle montre, d'un seul coup-d'œil, toutes les lois observées dans la chute des corps graves ; on y voit qu'un corps tomberait de o en 1, ou de 16, 2 *feet*, pendant la première seconde, et acquerrait une vitesse, en vertu de laquelle il serait transporté de 1 en *a* horizontalement, à une distance de 32, 4 *feet*, durant chaque seconde, d'après les lois 5 et 6. Cette vitesse seule transporterait donc le corps de 1 en 3 pendant la deuxième seconde de la chute ; mais la gravité produisant des effets égaux en temps égaux, elle accélèrera tellement ce corps, qu'elle l'aura attiré au point 4 au bout de cette deuxième seconde, selon la 1re loi. Ce corps aura maintenant une vitesse de 64, 8 *feet* par seconde, vitesse qui pourrait le porter pendant ce temps de 4 en *b* horizontalement, ou de 4 en 8 ; mais la gravité le fera descendre jusqu'en 9, où il se trouvera au bout de la troisième seconde. Sa vitesse acquise sera alors de 97, 2 *feet* par seconde, capable de le transporter horizontalement de 9 en *c*, ou verticalement de 9 en 15, durant la quatrième seconde, pendant laquelle la gravité le fera continuer à descendre jusqu'en 16 ; et la vitesse qu'il aura acquise à ce point sera de 129, 6 *feet* par seconde, en vertu de laquelle ce corps se transporterait horizontalement de 16 en *d*, ainsi de suite.

Si un corps continuait à se mouvoir avec une de ces vitesses horizontales, il décrirait, dans le même temps qu'il aurait mis à effectuer les chutes correspondantes, des espaces doubles de l'étendue de ces chutes, selon la 6e loi.

Maintenant, si le corps qui tombe est parfaitement élastique, et si, après être parti de o, il frappe un plan aussi élastique, en 1, 3, 5, ou 7, la force effective du coup le fera rebondir ensuite jusqu'en o, dans le même espace de temps qu'aura duré sa chute.

Cela montre que, durant les parties égales de sa chute, le corps a reçu une impulsion égale et effective de la gravité ; que la somme totale des impulsions effectives est directement comme la grandeur de la chute, et que la force effective du choc est comme les carrés des vitesses, selon les 7e et 8e lois.

## § 10. Des corps qui descendent sur des plans inclinés et des surfaces courbes.

Le mouvement des corps qui descendent sur des plans inclinés et des surfaces courbes, est soumis aux lois suivantes :

1re *loi.* Ce mouvement est uniformément accéléré, parce qu'il est l'effet de la gravité.

2e *loi.* La portion de la force de la gravité qui sollicite un corps placé en *A*, *fig.* 6, pour le faire descendre sur le plan incliné *A D*, est à la gravité absolue de ce corps, comme la hauteur *A C* du plan est à sa longueur *A D*.

3e *loi.* Les espaces parcourus sont comme les carrés des temps.

4e *loi.* Les temps durant lesquels sont parcourus les différens plans *A D*, *A H*, et *A I*, qui ont tous la même hauteur *A C*, sont proportionnels aux longueurs respectives de ces plans.

5e *loi.* Les vitesses acquises en descendant le long des plans *AD*, *AH*, *AI*, *AC*, sont égales entre elles aux points les plus bas *D*, *H*, *I* ou *C*, de ces plans.

6e *loi.* Les vitesses des corps qui suivent des plans également inclinés sur l'horizon et les temps employés à les parcourir, sont proportionnelles aux racines carrées des longueurs de ces plans.

7e *loi.* Dans tous les cas, les vitesses des corps sont proportionnelles aux racines carrées de la hauteur verticale de leur descente.

De ces lois ou propriétés des corps qui se meuvent sur des plans inclinés, on déduit les corollaires suivans :

1° Un corps livré à l'action de la gravité met le même temps à parcourir le diamètre vertical *A C* du cercle, ou une de ses cordes *A a*, *A i*, ou *A i*, qui aboutissent au haut de ce diamètre.

2° Toutes les cordes mentionnées sont ainsi décrites en temps égaux.

3° La vitesse acquise par un corps en descendant le long d'un

arc de cercle *a i C*, ou de la corde *a C* de cet arc, est égale dans le point le plus bas *C*, à la vitesse qu'il aurait acquise en tombant suivant la hauteur verticale *F C*.

Les pendules en mouvement jouissent des mêmes propriétés, la verge ou le cordon agissant sur la lentille, comme le ferait une surface courbe unie.

On trouve la démonstration de ces propriétés dans la Physique de *Martin*, vol. I^er^, pag. 111-117.

### § 11. Du mouvement des projectiles.

Un *projectile* est un corps lancé dans une direction quelconque, tel qu'une pierre jetée à la main, l'eau jaillissant d'un vaisseau, un boulet tiré avec le canon, etc.

Tout projectile est sollicité en même temps par deux forces, savoir: l'impulsion et la gravité.

Par l'effet de l'impulsion ou de la force projective, le corps parcourt les distances égales, *AB*, *BC*, *CD*, etc., *fig.* 7, en temps égaux, voyez la 1^re^ loi générale du mouvement, § 7; et par l'effet de la gravité, ce corps tombe successivement des hauteurs *A G*, *G H*, *H I*, etc., qui sont entre elles comme les nombres 1, 3, 5, 7, etc., selon la 3^e^ loi, § 9. Ainsi, par l'action combinée de ces forces, le corps décrira des arcs *AN*, *NO*, *OP*, etc., d'une courbe *AOQ*, appelée *parabole*. La même chose aura lieu dans toutes les directions, excepté celle de la verticale : la courbe varie de grandeur selon l'inclinaison de l'impulsion, mais elle est toujours une parabole.

Si le corps est lancé suivant une direction faisant un angle de 45 degrés avec la verticale, il sera projeté à la plus grande distance horizontale qu'il soit possible d'atteindre, avec la vitesse qu'on lui aura imprimée. Quelle que soit la direction initiale suivie par le corps, s'il est lancé avec une vitesse double, il franchira une distance ou *portée* quadruple.

Voyez, pour les détails et pour la démonstration, la Physique de *Martin*, vol. I^er^, p. 128-135.

## § 13. Du mouvement circulaire et des forces centrales.

Si un corps *A*, *fig.* 8, suspendu par un cordon *AC*, est mis en mouvement autour du centre *C*, la tendance qu'il a à s'éloigner de ce centre, s'appelle *force centrifuge*, et l'action qui l'attire continuellement vers ce centre, se nomme *force centripète*. Celle-ci est représentée par le cordon qui maintient le corps *A* dans le cercle *AM*. En parlant de ces deux forces d'une manière générale, on les nomme *forces centrales*. On appelle *temps périodique* la durée de celui que le corps mobile emploie pour décrire une circonférence entière (1).

Les lois particulières de l'espèce de mouvement qui nous occupe, sont les suivantes :

1re *loi*. Des corps égaux décrivant des cercles égaux en temps égaux, sont sollicités par des forces centrales égales.

2e *loi*. Des corps inégaux, décrivant des cercles égaux en temps inégaux, sont soumis à des forces centrales proportionnelles à leur quantité de matière, ou à leur *masse* multipliée par leur vitesse.

3e *loi*. Des corps égaux décrivant des cercles inégaux en temps égaux, sont animés de vitesses et de forces centrales proportionnelles à leurs distances aux centres de mouvement, c'est-à-dire aux rayons des cercles qu'ils décrivent.

4e *loi*. Des corps inégaux décrivant des cercles inégaux en temps égaux, ont des forces centrales proportionnelles à leurs

(1) Il est bon d'observer ici que cette force centrale n'est pas une puissance réelle, mais seulement un effet de la puissance qui met le corps en mouvement. L'inertie de ce corps le ferait s'éloigner du centre du cercle dans lequel il se meut, et l'obligerait à s'échapper suivant une ligne droite tangente à ce cercle. Ainsi, une force centrale ne peut ni augmenter ni diminuer la puissance d'aucune combinaison mécanique ou hydraulique, à moins que cela ne soit par le frottement ou par l'inertie ; comme lorsque l'eau est la puissance motrice, et que la machine en change la direction avec perte de force.

masses multipliées par leurs distances aux centres, ou par les rayons de ces cercles.

5e *loi.* Des corps égaux décrivant des cercles égaux en temps inégaux, sont sollicités par des forces centrales, proportionnelles aux carrés de leurs vitesses, ou, en d'autres termes, une vitesse double engendre une force centrale quadruple; ainsi :

6e *loi.* Des corps inégaux décrivant des cercles égaux en temps égaux, sont soumis à des forces centrales proportionnelles à leurs masses multipliées par leurs vitesses.

7e *loi.* Si des corps égaux décrivent des cercles inégaux avec la même vitesse, leurs forces centrales sont en raison inverse de leurs distances au centre de mouvement, ou des rayons des cercles qu'ils suivent.

8e *loi.* Pour que des corps égaux, décrivant des cercles inégaux, soient animés par des forces centrales égales, leurs temps périodiques doivent être comme les racines carrées de leurs distances aux centres de rotation.

9e *loi.* Ainsi, les carrés des temps périodiques sont proportionnels aux cubes des distances au centre de mouvement, quand ces temps périodiques et les vitesses sont quelconques; dans ce cas :

10e *loi.* Les forces centrales sont en raison inverse des carrés des distances (1).

(1) Telles sont les lois du mouvement circulaire et des forces centrales. Pour leurs démonstrations expérimentales, voyez *Ferguson's Lectures on mechanics*, page 27 à 47.

J'observerai ici que tout le système planétaire est soumis à ces lois du mouvement circulaire et des forces centrales. La gravité, agissant comme le cordon d'attache, est la force centripète, et comme l'action de la gravité décroît à mesure que le carré de la distance augmente, d'après la quatrième loi de la gravité, § 2, et que, de plus, les forces centripète et centrifuge doivent toujours être égales entre elles; afin d'obliger le corps à se mouvoir dans un cercle, on voit la raison pour laquelle les planètes les plus éloignées du soleil se meuvent si lentement, tandis que celles qui en sont plus voisines sont animées de mouvemens rapides; car leurs vitesses doivent être telles, qu'elles

## § 14. Des centres de grandeur, de mouvement et de gravité.

Le *centre de grandeur* ou de *figure* est le point qui se trouve à distances égales des parties extérieures et opposées d'un corps.

Le *centre de mouvement* est celui des points du corps qui reste en repos, et autour duquel tous les autres points de ce corps peuvent se mouvoir.

Il est très-important de bien comprendre ce que l'on entend par *centre de gravité* des corps, parce que ce point donne naissance à beaucoup de mouvemens mécaniques ; il jouit des propriétés particulières suivantes :

1° Si un corps est suspendu par ce point, pris pour centre de mouvement, il restera en repos dans toutes les positions imaginables.

2° Si un corps est suspendu par tout autre point que son

puissent développer une force centrifuge égale à l'attraction résultant de la gravité.

J'observerai encore que des physiciens commencent à douter que l'inertie, telle qu'elle est définie par *Newton,* soit une propriété des corps différente et indépendante de la gravité, et qu'ils semblent conclure qu'elles sont une seule et même chose. Mais si nous considérons que la force entière de la gravité agit comme force centripète pour maintenir les corps célestes dans leurs orbites, il paraîtra difficile d'admettre que ce soient les mêmes cause, puissance, ou principe, qui font persévérer les corps dans leur état de mouvement, à moins qu'une seule cause puisse produire deux effets, ce qui est contraire au quatrième axiome. Nous ferons remarquer encore que la gravité décroît comme augmente le carré de la distance à laquelle le corps se trouve de la puissance attractive, tandis que l'inertie est la même partout ; si nous supposons que le corps soit éloigné de la sphère d'attraction de la gravité, il ne sera plus soumis à cette force, et cependant l'inertie agira avec toute son intensité pour maintenir l'état de repos ou de mouvement de ce corps, d'après les axiomes un et deux. Ainsi, il paraîtrait qu'il y a dans l'action de la gravité, et dans l'inertie, deux principes différens qui doivent être distingués par des noms particuliers ; mais nous ne disputerons pas ici sur des mots, parce que, sous d'autres points de vue, ces propriétés semblent être une seule et même chose.

centre de gravité, il ne restera en repos que dans la position pour laquelle une ligne droite, menée de ce centre de gravité vers le centre de la terre, passera par le point de suspension.

3° Quand le centre de gravité est soutenu, le corps ne peut pas tomber.

4° Quand ce point est libre de descendre en ligne droite, le corps entier tombe.

5° Le centre de gravité de tous les corps réguliers homogènes, tels que carrés, cercles, prismes à base régulière, sphères, etc., est au centre de figure de ces corps.

6° Dans un triangle, ce point est situé sur la ligne droite, menée de l'un des angles au milieu du côté opposé, et à la distance d'un tiers de la longueur de cette ligne, à partir du côté mentionné.

7° Dans un cône creux, il se trouve sur la ligne droite qui joint le sommet avec le centre de la base de ce cône, et à la distance d'un tiers de cette ligne à partir de la base.

8° Dans un cône massif, le centre de gravité est situé sur la même ligne que dans le cas précédent, mais au quart seulement à partir de la base de ce cône.

De là, la solution d'un grand nombre de phénomènes curieux, tels que l'explication de la cause pour laquelle beaucoup de corps se tiennent plus fermes sur leurs bases que d'autres, et qui fait que tous les corps tombent quand les verticales de leur centre de gravité ne passent point dans l'intérieur de leurs bases.

Cela explique de même la raison pour laquelle les voitures à roues, chargées de pierres, de fer, ou de toute autre matière lourde, ne se renversent pas aussi facilement que lorsqu'elles sont chargées de foin, de bois ou d'autres matières légères. Car lorsque le centre de gravité de la charge n'est pas plus élevé sur la ligne du milieu *m c*, *fig*. 9, que le point *c*, auquel cette ligne est coupée par la verticale *r c*, du point d'appui *r* de la roue la plus basse, la verticale du centre de gravité passera en *i* dans l'intérieur de la base *rr'* de la voiture; mais si le centre de gravité de la charge s'élève au-dessus du point *c*, la verticale

passera en *e* au dehors de la base $rr'$ des roues, conséquemment la voiture sera renversée.

Ceci montre combien sont dans l'erreur les personnes qui se lèvent précipitamment debout dans une voiture qui verse, ou dans un bateau qui submerge; il est clair en effet qu'elles augmentent le danger en élevant le centre de gravité, et en le portant hors d'à-plomb de la base.

## § 15. Des machines simples.

Ayant prévu et expliqué tout ce qui est nécessaire pour bien comprendre les *machines simples*, appelées anciennement *puissances mécaniques*, il nous reste maintenant à les étudier toutes les six, savoir: le *levier*, la *poulie*, le *treuil*, le *plan incliné*, le *coin* et la *vis*.

On appelait autrefois ces machines simples puissances mécaniques, parce qu'elles paraissent augmenter nos forces en nous donnant la facilité d'élever ou de mouvoir des corps lourds, que sans elles nous ne pourrions point remuer. Quoiqu'elles soient au nombre de six, elles ne sont soumises qu'à des principes communs que j'appellerai:

### *Lois générales des machines simples.*

1re *loi.* Cette loi peut être énoncée ainsi: les *momentums* de la puissance et du poids sont toujours égaux, quand la machine est en équilibre. Momentum signifie ici les produits de la puissance et du poids du corps multipliés par les espaces parcourus. Ainsi la puissance multipliée par l'espace qu'elle parcourt, ou par sa distance au centre du mouvement; ou par sa vitesse, donne un produit égal à celui que l'on obtient en multipliant le poids par l'espace qu'il parcourt, ou par sa distance au centre de mouvement, ou par sa vitesse; autrement, la puissance multipliée par sa descente verticale est égale au poids ou résistance multiplié par son ascension verticale.

2e *loi.* D'après cette loi, la résistance ou le poids que la machine simple sert à mouvoir et la vitesse de ce poids, sont

toujours en proportion inverse l'un de l'autre ; c'est-à-dire que plus la vitesse du poids à mouvoir devra être grande, moins il pourra peser ; et que plus la vitesse devra être petite, plus le poids pourra être lourd. Cette loi est sans exception.

3e *loi*. Cette loi apprend que l'on perd toujours une portion de la puissance primitive pour vaincre le *frottement*, l'*inertie*, etc., et qu'*il est impossible d'augmenter une force ou puissance à l'aide d'une machine quelconque, lorsque le temps est pris en considération* dans le calcul de l'effet de cette machine.

Dans l'exposition de la théorie de la mécanique, nous supposons que tous les plans sont parfaitement unis, que les leviers n'ont pas de poids, que les cordes sont très-souples et que les corps n'engendrent pas de frottement. En un mot, toutes les imperfections ou résistances dues à la nature des matériaux dont on construit les machines, seront d'abord négligées ; nous ferons ensuite aux résultats de la théorie les modifications nécessaires pour en tenir compte.

## § 16. Du levier.

On appelle *levier* une barre de fer, de bois ou de toute autre matière inflexible, dont un point est soutenu par un appui ou support, tandis que les autres points peuvent pivoter autour de cet appui, comme centre de mouvement. Quand le levier s'étend de chaque côté de l'appui, on nomme *bras* ces extensions. La vitesse ou le mouvement de tous les points de ces bras sont proportionnels à leurs distances au point d'appui, selon la troisième loi du mouvement circulaire.

Les lois suivantes sont observées quand le levier est en équilibre :

1re *loi*. La puissance et le poids ou résistance sont en raison inverse de leurs distances au point d'appui (1).

(1) C'est-à-dire, la puissance $P$, *fig.* 10, qui est 5 multipliée par sa distance $BC = 12$, au centre, est égale au poids $W = 60$ multiplié par $AB = 1$ ; chaque produit devant être 60.

2ᵉ *loi.* La puissance est au poids comme l'espace que ce poids parcourt, est à l'espace parcouru par la puissance (1).

3ᵉ *loi.* La puissance est au poids comme l'ascension de celui-ci est à la descente verticale de la puissance (2).

4ᵉ *loi.* Leurs vitesses sont comme leurs distances au point d'appui. Voyez la troisième loi du mouvement circulaire.

Ces lois s'appliquent généralement à toutes les machines simples. Ainsi, il est facile de calculer, d'après les principes précédens, le rapport de la puissance à la résistance dans toutes les machines simples ou composées ; il suffit de trouver pour cela combien de fois la puissance se meut plus vite que le poids, ou combien de fois son mouvement est plus étendu dans le même temps ; car c'est dans ce rapport même que l'effet de la puissance paraît être augmenté par le secours de la machine ; mais il ne faut pas oublier que le temps durant lequel on veut produire un effet quelconque, se trouve aussi augmenté dans le même rapport.

### § 17. Règle générale pour calculer la résistance qui peut être vaincue, à l'aide d'une machine quelconque.

*Règle.* Divisez la distance de la puissance au centre de mouvement, par la distance du poids ou résistance à ce même centre.

Ou bien encore, divisez l'espace que la puissance parcourt par l'espace que parcourt le poids, et le quotient montrera combien de fois la puissance paraît être accrue par le secours de la machine. Alors si vous multipliez la puissance par ce quotient, le produit sera la valeur de la résistance que cette puissance pourra vaincre avec le secours de la machine à la-

(1) C'est-à-dire que la puissance, multipliée par l'espace qu'elle parcourt, est égale au poids multiplié par l'espace qu'il a parcouru.

(2) C'est-à-dire, la puissance, multipliée par sa descente verticale, est égale au poids multiplié par sa montée verticale.

quelle elle est appliquée, soit que cette machine soit simple, soit qu'elle soit composée. Ces espaces peuvent être mesurés par les arcs, ou par les perpendiculaires à ces arcs.

*Exemples.* Supposons que $A\ B\ C$, fig. 10, représente un levier: alors, pour calculer la valeur de la résistance qu'il peut servir à vaincre, divisez la distance $B\ C = 12$ de la puissance $P$ au point d'appui $B$, par la distance $A\ B = 1$, du poids $W$, au même point, et le quotient 12, que vous obtiendrez, indique que la résistance peut être douze fois aussi considérable que la puissance. Si donc vous multipliez ce nombre 12 par la valeur de la puissance $P$ appliquée en $C$, et supposée être 5, vous obtiendrez un produit 60, qui indique qu'un poids de cette valeur doit être appliqué en $A$, pour maintenir la puissance $P$ en équilibre.

Mais si nous supposons que le bras $A\ B$ du levier est prolongé jusqu'en $E$, alors, pour calculer la valeur du rapport de la résistance à la puissance qui se feront équilibre à l'aide de la machine, divisez la distance $B\ C = 12$, par celle $B\ E = 6$, et le quotient 2 sera ce rapport cherché. En le multipliant par la puissance $P = 5$, appliquée à la machine, on obtiendra 10 pour la valeur de la résistance ou pour le poids $W'$ qui en $E$, fait équilibre à $P$.

On peut encore procéder ainsi: divisez la descente verticale $C\ D = 6$ de la puissance, par la montée verticale $E\ F$ égale 3 du poids, et le quotient 2 sera le rapport cherché, comme ci-dessus; de sorte qu'en le multipliant par la valeur de la puissance $P = 5$ on obtient de même la valeur 10 de la résistance $W'$ en $E$.

Ou bien enfin, divisez la vitesse de la puissance $P$ égale à 6, par la vitesse du poids $W'$ égale à 3, et le quotient 2 sera encore le rapport cherché, qui conduira à la même valeur 10 de la résistance.

Si on suppose la puissance $P$ appliquée en 8, alors elle devra être 7,5 pour faire équilibre à $W' = 10$ appliqué en $E$ ou à $W = 60$ appliqué en $A$; parce que 7,5

fois 8 donne 60 qui est le momentum des deux poids $W$ et $W'$. Si cette puissance était successivement appliquée en 6, en 4, etc., elle devrait être égale à 10, à 15; ainsi de suite pour toutes les distances à l'appui ou centre du mouvement.

## § 18. Des quatre espèces de leviers.

1re *espèce*. Dans ce levier le point d'appui est placé entre la puissance et le poids ou résistance; mais généralement plus près de celle-ci; car autrement, la puissance ne pourrait vaincre qu'une résistance qui lui serait inférieure.

2e *espèce*. Dans ce levier l'appui est à un bout et la puissance à l'autre; la résistance est nécessairement placée entre cette puissance et le point d'appui.

3e *espèce*. Dans ce levier, l'appui est à un bout et la résistance à l'autre; aussi la puissance est appliquée dans l'intervalle.

4e *espèce*. *Levier courbé*. Ce levier ne diffère des autres que par la forme, mais non par ses propriétés.

Les leviers de la première et seconde espèce ont les mêmes propriétés, et produisent des avantages mécaniques réels, parce qu'ils donnent à une puissance la faculté de vaincre des résistances qui paraissent lui être de beaucoup supérieures; mais la troisième espèce produit une diminution dans l'effet apparent de la puissance.

Cette espèce de levier n'est employée que pour augmenter la vitesse, comme dans les montres, les horloges, les moulins et autres machines dont les premiers moteurs sont lents, et dans lesquelles la vitesse est augmentée par une combinaison d'engrenages.

Les leviers que la nature a employés dans la structure du corps humain, sont de la troisième espèce; car, lorsque nous soulevons un poids avec la main, le muscle du bras qui agit est attaché à peu près au dixième de la distance du coude à la main, et doit ainsi développer une force dix fois aussi grande que le poids soulevé; ainsi celui qui peut soutenir

56 livres avec son bras ployé à angle droit au coude, exerce, avec les muscles de son bras, une force égale à 560 livres.

### § 19. Levier composé.

Plusieurs leviers peuvent être employés à la fois et agir l'un sur l'autre, comme on en voit un exemple, *fig.* 11, où le levier *A* est de la première espèce, celui *B* de la seconde, et enfin celui *C* de la troisième. Le rapport de la résistance *W* avec la puissance *P*, qui peuvent se faire équilibre à l'aide de cette combinaison de leviers, se trouve par la règle suivante, qui est générale, quel que soit le nombre de leviers combinés, ou de roues agissant l'une sur l'autre; car pour leur manière d'agir, les roues ne diffèrent pas des leviers.

*Règle générale.*

1° Multipliez la puissance par la longueur de tous les premiers bras de levier successivement, et notez-en le produit.

2° Multipliez encore entre eux les seconds bras de tous les leviers, et notez-en de même le produit.

3° Divisez enfin le premier produit par le dernier, et le quotient sera la valeur de la résistance qui, à l'aide de la machine, fera équilibre à la puissance donnée.

Cette règle est fondée sur la première loi du levier, § 16, et sur le principe suivant, savoir : que si une puissance et une résistance se font équilibre à l'aide d'une machine composée d'une réunion, soit de leviers, soit de treuils, alors la puissance multipliée par les rayons de toutes les roues *menées*, ou longueurs des premiers bras de levier, et la résistance multipliée par les rayons de toutes les roues *menantes*, ou longueurs des seconds bras de levier, fourniront deux produits égaux.

Si on prend les vitesses ou les circonférences des roues, au lieu de leurs rayons, ces produits ne cesseront point pour cela d'être égaux entre eux.

Toutes les règles pour calculer la transmission de force et

le mouvement des roues de moulin, etc., sont fondées sur ce principe. Voyez § 20 et § 74.

*Exemples.* La puissance $P$ égale à 10, et agissant sur un des bouts du levier $B$, *fig.* 11, à la distance 8 du point d'appui de ce levier, on demande quelle force $F$ il faudra appliquer au bout 3 du levier $A$, situé à la distance 3 de son point d'appui particulier, pour que ce levier, agissant par son extrémité 9 sur le point 2 du levier $B$, le tienne en équilibre (1).

Par la règle, $10 \times 8$, longueur du grand bras du levier $B$, égale 80, produit qui, étant divisé par 2, longueur du petit bras de ce même levier, donne pour quotient 40, lequel indique la force qui doit être appliquée au point 2 de ce levier $B$ pour faire équilibre à $P$.

Cela posé, cette force 40 doit être aussi appliquée au bout du grand bras du levier $A$, c'est-à-dire à la distance 9 du point d'appui de ce levier, et on trouve de la même manière la valeur de la force qui lui fera équilibre à l'autre bout 3; car $40 \times 9 = 360$, nombre qui, étant divisé par 3, longueur du second bras du levier, donne 120 pour quotient, ou pour valeur de la force $F$ cherchée.

Si cette force $F = 120$ devait agir sur un troisième levier $C$, à la distance 1 du point d'appui, on trouverait, en suivant la même marche, quel poids $W$ il faudrait suspendre au bout 5 de

(1) Afin d'abréger, j'emploierai dorénavant les signes algébriques qui suivent, savoir :

Le signe + qui s'énonce *plus*, pour indiquer l'addition;
— *moins*, pour indiquer la soustraction;
Ou × *multiplié par*, pour indiquer la multiplication;
Ou ÷ *divisé par*, pour indiquer la division;
= *égale*, pour indiquer l'égalité.
$\sqrt{\phantom{x}}$ et $\sqrt[3]{\phantom{x}}$ *racine carrée* et *racine cubique*, pour indiquer l'extraction des racines.

Alors, au lieu d'écrire 8 plus 4 égale 12, j'écrirai $8+4=12$. Au lieu de 12 moins 4 égale 8, $12-4=8$. Au lieu de 6 multiplié par 4 égale 24, $6.4=24$, ou encore $6+4=24$; et au lieu de 24 divisé par 3 égale 8, $2 \div 43 = 8$; ou encore $24 \div 3 = 8$, ou enfin $\frac{24}{3} = 8$.

ce levier, pour lui faire équilibre et par suite à la force $P$; car alors $120 \times 1 = 120$, qui, étant divisé par 5, donne pour quotient 24, et tel est le poids $W$ cherché.

Etant donné, la puissance $P = 10$, agissant sur une des extrémités de la combinaison des trois leviers $B$, $A$, $C$, on demande le poids $W$ qui doit être suspendu à l'autre extrémité pour établir l'équilibre; la solution de cette question résulte de celle des trois problêmes différens que l'on vient de résoudre; mais la règle énoncée donne le moyen de l'obtenir tout d'un coup; car, en la suivant, on trouve $10 \times 8 \times 9 \times 1 = 720$ pour le produit de la puissance multipliée par la longueur de tous les premiers bras de levier : on trouve encore $2 \times 3 \times 5 = 30$, pour le produit de tous les seconds bras de levier, d'où il résulte que $\frac{720}{30}$ ou 24 exprime la valeur du poids $W$ cherché, ce qui s'accorde avec le calcul précédent.

## § 20. Calcul de la force transmise par les engrenages d'un moulin.

La même règle sert à calculer la force transmise par les machines simples ou composées, consistant en roues d'engrenage; on peut en effet regarder les rayons de ces roues comme des leviers; et parce que les diamètres des cercles sont proportionnels à leurs circonférences, on pourra évidemment prendre les circonférences au lieu des rayons; mais les nombres de dents des roues d'engrenage qui engrènent ensemble, étant proportionnels aux circonférences de ces roues, on pourra se servir encore de ces nombres de dents, au lieu de ces circonférences ou de leurs rayons, et le résultat du calcul sera toujours le même.

Supposons que la *fig.* 12 représente un moulin à farine, mu par un cours d'eau et garni d'un double engrenage, soit :

8 la roue hydraulique de ce moulin
4 le grand rouet

2 la lanterne de rencontre
3 le hérisson
1 la petite lanterne
2 le cercle moyen des meules.

Supposons enfin que les chiffres mentionnés représentent en pieds, les rayons des objets qu'ils désignent.

Admettons à présent qu'une force de 500 livres soit appliquée à la circonférence de la roue hydraulique; on demande quelle sera la force horizontale transmise à la meule, à la distance de 2 pieds de son axe ?

Alors d'après la règle, $500 \times 8 \times 2 \times 1 = 8000$, de même $4 \times 3 \times 2 = 24$, nombre par lequel il faut diviser le précédent 8000, et l'on obtient un quotient 333,33, exprimant en livres la valeur de la force qui agit sur la meule, à 2 pieds de distance de son axe.

Cette distance de 2 pieds représente le rayon de la circonférence *moyenne* d'une meule de 6 pieds de diamètre.

On sait maintenant que les vitesses sont entre elles comme les distances au centre du mouvement, par la 3e loi du mouvement circulaire, § 13; donc, pour trouver la vitesse de la circonférence moyenne de la meule 2, servez-vous de la règle suivante :

1° Multipliez la vitesse de la roue hydraulique par les rayons ou par les circonférences de toutes les roues menantes ;

2° Multipliez entre eux les rayons ou les circonférences de toutes les roues menées;

3° Divisez par ce dernier produit le premier produit obtenu, et le quotient sera la vitesse cherchée.

Observez que les rayons des roues menées remplacent, dans la règle actuelle, les premiers bras de levier mentionnés dans la règle précédente.

*Exemple :* Supposons que la vitesse de la roue hydraulique est de 12 pieds par seconde, alors, suivant la règle $12 \times 4 \times 3 \times 2 = 288$, et $8 \times 2 \times 1 = 16$; divisez donc le premier

produit 288 par le dernier 16, et vous aurez un quotient 18 qui indique que la vitesse de la meule, à 2 pieds de son axe, est de 18 pieds par seconde.

## § 21. La puissance décroit a mesure que la vitesse augmente.

Il est à propos d'observer ici qu'à mesure que la vitesse de la meule est augmentée, la puissance qui la met en mouvement est de plus en plus épuisée, et que réciproquement à mesure qu'on diminue la vitesse de la meule, on favorise la puissance qui la fait mouvoir. Voyez la 2e loi générale des machines simples.

Cette règle, vraie sans exception, pour toutes les machines qu'il est possible d'imaginer, se résume ordinairement en disant que *ce que l'on gagne en force, on le perd en vitesse.* Cela est évident d'après la 1re loi du levier, qui montre que la puissance multipliée par sa vitesse ou par l'espace qu'elle parcourt, est égale à la résistance multipliée par sa vitesse ou par l'espace que la puissance lui fait parcourir.

De là, la loi générale pour calculer la grandeur de la résistance qu'une puissance donnée peut vaincre, à l'aide d'une machine quelconque, simple ou composée, § 17. Si l'on vous donne une puissance motrice, et sa vitesse ou l'espace qu'elle parcourt, ainsi que la vitesse ou espace que le poids ou résistance doit parcourir, alors, pour trouver ce poids ou cette résistance, que remplace dans les moulins la force qui fait mouvoir la meule, etc., divisez par la vitesse du poids ou de la meule, etc., le produit de la puissance multipliée par sa propre vitesse, et vous aurez pour quotient le poids ou la force qui communique à la meule le mouvement dont elle est animée. Toutefois, la puissance ne peut faire mouvoir la meule sans perdre une certaine quantité de sa force par le frottement, ce qui sera démontré dans le § 31.

## § 22. On n'augmente pas l'effet utile des cours d'eau en augmentant le diamètre des roues hydrauliques en dessous.

Nous croyons être arrivés au moment de démontrer l'absurdité des idées de certaines personnes, qui croient augmenter la force motrice d'un moulin, soit en agrandissant le diamètre d'une roue hydraulique en dessous, c'est-à-dire, le levier sur lequel l'eau agit, soit en employant dans la construction du moulin un double engrenage, lorsqu'un simple engrenage suffit. *Il est impossible, en effet, d'augmenter ou de diminuer une puissance motrice par le secours des machines, si la vitesse du corps à mettre en mouvement doit rester la même.*

*Exemple.* Augmentez le diamètre de la roue hydraulique du moulin, *fig.* 12, examiné au § 20 : au lieu de 8, donnez-lui jusqu'à 16 pieds de rayon, par exemple, et conservez les autres roues du moulin ; alors, pour trouver la vitesse de la meule, la circonférence de la roue hydraulique étant animée de la même vitesse, 12 pieds par seconde, qu'elle avait d'abord, suivez la règle qui donne, $12 \times 4 \times 3 \times 2 = 288$ et $16 \times 2 \times 1 = 32$; divisez donc 288 par 32, et le quotient 9 indique que la vitesse des points de la meule situés à 2 pieds de distance de son axe, sera de 9 pieds par seconde.

Dans ce cas, on trouvera la puissance transmise en suivant la règle du § 20 qui convient pour cela, et il vient $500 \times 16 \times 2 \times 1 = 16000$ et $4 \times 3 \times 2 = 24$; divisez 16000 par ce dernier nombre 24, et le quotient 666,66 exprime en livres la valeur de la puissance qui agit sur la meule.

Mais comme dans le travail du moulin, la vitesse de 18 pieds par seconde, à 2 pieds de l'axe, est tout aussi nécessaire que la force, nous serons obligés, pour obtenir cette vitesse avec la roue de 16 pieds, d'augmenter le grand rouet d'engrenage, et de porter son rayon de 4 à 8 pieds.

Alors, en effet, pour trouver la vitesse, formez le produit

$12 \times 8 \times 3 \times 2 = 576$ et celui $16 \times 2 \times 1 = 32$; divisez 576 par 32, et vous obtiendrez pour quotient 18, ce qui indique que la vitesse sera de 18 pieds par seconde, comme elle était d'abord, au § 20.

Maintenant il reste à trouver la puissance qui agit actuellement sur la meule; suivez pour cela la règle du § 20, et vous obtiendrez 333,33 comme avant.

Cela fait voir qu'on ne peut gagner aucune force par l'agrandissement d'une roue en dessous, basé sur le principe de l'augmentation de la longueur du bras de levier.

Les véritables avantages que les grandes roues ont sur les petites, proviennent de ce que la saillie des aubes ou la profondeur des augets n'occupe qu'une petite portion de la longueur du rayon de la roue. Si ce rayon est de 8 pieds, et la profondeur de l'auget ou la saillie de l'aube de 1 pied, par exemple, on voit que le bras de levier de la roue ne sera diminué que de $\frac{1}{8}$, de sorte qu'on peut admettre que l'eau agit sur l'extrémité de ce bras. Mais si le rayon de la roue n'est que de 2 pieds, quand la saillie des aubes est égale à 1 pied, on voit que ces aubes occupent la moitié du rayon, sur le milieu duquel une partie de l'eau agit ainsi avec désavantage.

Une grande roue sert aussi de volant, § 30; elle maintient son mouvement plus régulier, et rejette l'eau beaucoup mieux. Voyez § 70. Mais la dépense que les grandes roues occasionnent doit être prise en considération, et alors le constructeur trouvera qu'il y a une grandeur maximum qui présente le plus d'avantage. Voyez § 44.

### § 23. On ne gagne point de force par les doubles engrenages d'un moulin, mais on en perd au contraire.

Je dois montrer encore qu'on ne peut point gagner de force, ni se procurer aucun avantage, par les doubles engrenages des moulins, si ce n'est dans les circonstances suivantes.

1° Le mouvement qu'il est nécessaire de donner à la meule ne peut pas quelquefois être obtenu sans employer une lan-

terne qui devient trop petite, parce qu'on est obligé de donner à l'épaisseur des dents, au diamètre des fuseaux, et à l'équarrissage des arbres, des dimensions suffisantes pour résister à l'effort de la puissance. Dans ce cas, la lanterne, mue trop rudement par l'engrenage, peut être mise en mouvement d'une manière désavantageuse, ainsi que l'occasionnent des palettes trop saillantes, relativement aux rayons d'une roue hydraulique, § 22; ce qui pourrait causer une perte de puissance, parce que, suivant la 3e loi générale des machines simples, § 15, il peut n'y avoir que de la perte de puissance et jamais de gain.

2° Le moulin peut être quelquefois disposé plus convenablement, en activant deux paires de meules par une seule roue hydraulique (1).

## § 42. De la poulie.

2. La poulie *p*, *fig.* 13, est une machine simple, bien connue. Elle est ordinairement renfermée dans une chape de suspension *c*, et alors si la puissance *P* tire la corde qui passe sur la poulie, la résistance ou poids *R*, attachée à l'autre bout, sera égale à *P*, dans le cas d'équilibre.

Une poulie *p*, *fig.* 14, qui se meut avec le poids *R*, double l'effort de la puissance *P*, parce que chaque corde soutient la moitié du poids *R*.

Si deux ou plusieurs poulies sont combinées ensemble à la manière ordinaire, le moyen le plus facile de calculer le rapport de la résistance à la puissance, est de compter le nombre de cordes qui aboutissent à la chape mobile, car la résistance est égale à autant de fois la puissance, parce que toutes ces longueurs de cordes sont raccourcies à la fois, et suivent toutes le bout de corde nommé le *courant*, auquel la puis-

(1) Les constructeurs de moulins ont éprouvé des pertes considérables et multipliées, faute d'avoir bien compris ces principes. J'ai vu souvent de grandes roues construites là où il eût mieux valu en employer de petites, moins dispendieuses; des engrenages doubles, quand de simples auraient suffi, etc.

sance motrice est appliquée. S'il y a quatre cordes, l'effort de la puissance est quadruplé (1). Voyez *fig.* 15.

§ 25. Du treuil.

Le treuil, *fig.* 16, est une machine simple, du même genre que le levier de la première espèce; ainsi la puissance *P* est au poids à soutenir ou résistance *R*, comme le diamètre de l'axe *a* est au diamètre de la roue *r*, c'est-à-dire que, lorsque la machine est en équilibre, la puissance multipliée par le rayon de la roue est égale à la résistance multipliée par le diamètre de l'axe (2).

§ 26. Du plan incliné.

Le *plan* incliné, *fig.* 17, est la quatrième machine simple. La puissance *P* y est à la résistance *R*, comme la hauteur verticale *BC* du plan est à sa longueur *AB*. Si la hauteur du plan incliné est égale à la moitié de sa longueur, par exemple, alors la moitié de la force qui serait nécessaire pour élever un corps suivant la verticale, suffit pour l'élever en le faisant rouler le long de ce plan incliné.

Cette machine est utile pour élever et pour descendre les corps pesans, soit en les roulant comme des barriques, soit en les plaçant dans des chariots à roues, etc.

(1) Dans cette machine, le frottement des poulies et la roideur des cordes causent une grande perte de puissance motrice. Toutefois on a dernièrement apporté un grand perfectionnement dans la construction des moufles : il consiste à faire d'une seule pièce les poulies, renfermées dans chacune des deux chapes, en donnant aux diamètres des gorges de ces poulies des diamètres tels que, lorsqu'on agit sur le *courant* de la machine, elles fassent naturellement un tour entier dans le même temps ; ce qui évite tout frottement des joues des poulies et des cordes. Mais comme il est presque impossible de proportionner le diamètre des poulies au mouvement des cordes, il serait mieux de leur laisser la faculté de tourner individuellement sur le goujon, de manière à ce que les cordes fussent soumises à des tensions égales.

(2) Il y a peu de perte de puissance primitive dans cette machine, parce qu'il n'y a que peu de frottement.

### § 27. Du coin.

5. Le coin, *fig.* 18, n'est, au fond, qu'un plan incliné. Quand sa forme est celle ordinairement usitée, la puissance $P$ est à la résistance à surmonter $R$ ou $R'$, comme la plus grande épaisseur $AB$ ou la *tête du coin* est à sa *longueur* $AC$ ou $BC$. Cette machine simple est très-puissante, et on peut dire qu'elle surpasse toutes les autres, puisqu'elle peut servir à effectuer ce qu'on ne pourrait pas faire avec elles dans le même intervalle de temps. On en calcule les effets de la manière suivante.

Si le coin a 12 pouces de longueur et 2 pouces d'épaisseur à la tête, alors la puissance doit être 1 pour équilibrer une résistance de 12, c'est-à-dire une résistance de 12 pressant sur chaque côté du coin (1). Mais lorsqu'on frappe avec un maillet, toute la force de sa gravité s'ajoute à la force de l'agent qui donne le coup, pour être communiquée au coin au moment où il est chassé, et l'effet produit est comme le poids du maillet multiplié par le carré de la vitesse avec laquelle il frappe. Ce maillet ne doit pas être trop gros (voyez § 44), parce qu'il deviendrait trop lourd pour la force de l'ouvrier, et que l'air lui opposerait trop de résistance. L'effet de ce maillet perdrait davantage par une diminution de vitesse qu'il ne gagnerait par une augmentation de poids. Supposons qu'un maillet de 10 livres frappe avec une vitesse de 5, son *momentum* effectif sera 250; mais s'il frappe avec une vitesse de 10, alors son *momentum* effectif sera 1000, et les effets produits par les coups

(1) Maintenant si nous supposons que la force 12, agissant sur une face du coin, représente la réaction de la terre sur le côté inférieur d'un plan incliné, nous verrons clairement que le coin et le plan incliné sont tout-à-fait analogues; car si ce coin est employé à élever un poids de 12, il faudra une force 2 au lieu de celle 1, pour le faire glisser sous le poids. Mais si la terre cédait sous le coin aussi facilement que le poids, et si elle parcourait le même espace que lui, alors ce poids ne serait élevé qu'à la moitié de la hauteur; conséquemment, en chassant le coin sous le poids, ce déplacement de la terre, égal à l'élévation du poids, représenterait véritablement l'élargissement de la fente de chaque côté du coin. Voilà les vrais principes de l'action du coin, quoi que l'on ait pu dire pour prouver qu'il est égal à deux plans inclinés. Voy. *Ferguson's lectures.*

seront comme 250 est à 1000. Toute la force de chaque coup, excepté ce qui peut être détruit par le frottement, est accumulée dans le coin, jusqu'à ce que la somme de ces forces soit devenue plus grande que la résistance du corps qui doit être fendu, lequel est alors forcé de céder. Mais lorsque le coin n'avance pas, toute sa force est détruite par le frottement; ainsi, plus l'angle formé par les côtés du coin sera petit, plus grande sera la résistance qu'il pourra servir à vaincre, parce que le coup pourra le chasser plus facilement.

## § 28. De la vis.

La vis, *fig.* 19, dernière des machines simples mentionnées, n'est qu'une sorte de plan incliné courbé en hélice, et combiné avec un levier de la première espèce. Ce levier est supposé servir à élever le poids sur le plan incliné, dont on peut se former une idée en appuyant contre un cylindre un morceau de papier découpé convenablement pour lui permettre de ramper tout à l'entour.

La vis est une des machines simples qui favorisent le plus l'effort de la puissance, et est employée, soit pour presser, soit pour soulever de grands poids. La puissance *P* appliquée au levier de la vis est au poids *R* qu'elle peut soulever, comme l'espace parcouru par ce poids est à l'espace que parcourt la puissance, c'est-à-dire comme la distance des filets *f, f*, ou le *pas* de la vis, est à la circonférence de cercle que la puissance *P* décrit, et dont le levier *AP* est le rayon.

Si la distance des filets *f, f*, ou le pas de la vis est de 0,5 pouces, et le levier *AP* de quinze pouces, la puissance décrira une circonférence de 94 pouces, pendant que le poids ne sera élevé que de 0,5 pouces; ainsi, si la puissance peut soulever un poids de dix livres, on dira que 0,5 pouces est à 54 pouces, comme 10 livres sont à 1888 livres, poids que la puissance mentionnée pourrait élever à l'aide de la vis. On suppose, dans ce calcul, que la vis n'a pas de frottement, tandis qu'au contraire il y cause de grandes pertes de force.

Digitized by Google

### § 29. Du frottement dans les machines simples.

Jusqu'à présent nous avons considéré l'action et les effets des machines simples, comme ayant les valeurs que la théorie mathématique leur assigne, en supposant qu'il n'existe pas de frottement entre leurs parties ; mais les physiciens admettent qu'en terme moyen, ce frottement détruit un tiers de l'effet théorique des machines, ce qui nous oblige d'en traiter dans la suite.

### § 30. Du volant et de son usage.

Avant d'abandonner le sujet des machines simples, je vais m'occuper du volant, qu'on emploie pour régulariser le mouvement des machines, et qui doit être fait de métal coulé et de forme circulaire, afin que l'air ne lui oppose pas beaucoup de résistance.

Bien des personnes ont cru que le volant pouvait procurer une augmentation de puissance mécanique, tandis qu'en réalité il en détruit beaucoup. Cela doit paraître évident, quand on considère qu'*il n'a pas de mouvement par lui-même, mais qu'il le reçoit en totalité du premier moteur;* et comme il doit vaincre la résistance de l'air et le frottement des tourillons, il doit ainsi dépenser une certaine force en pure perte. Cependant le volant est très-utile dans beaucoup de cas, savoir :

1° Pour régulariser la puissance, lorsqu'elle est irrégulièrement appliquée, comme cela a lieu quand on met en activité une *pédale* avec le pied, ou quand on tourne une *manivelle* avec la main; dispositions qui se présentent dans le rouet à filer ordinaire, dans les machines à teiller le lin, etc., et quand on emploie la vapeur pour produire un mouvement circulaire, à l'aide d'une manivelle.

2° Lorsque la résistance est irrégulière, ou qu'elle agit par secousses, comme dans les moulins à scier le bois, les martinets, les fenderies, les moulins à poudre, etc., le volant,

par son inertie, régularise le mouvement, parce que, s'il est très-lourd, il faut que la puissance lui donne beaucoup de petites impulsions pour lui communiquer une grande vitesse, de sorte qu'il faut lui opposer autant de secousses égales, pour détruire la vitesse qu'il a acquise, d'après l'axiome 3, §. 1. Pendant qu'une fenderie ou qu'un laminoir tournent à vide, la force de l'eau est employée à communiquer au volant un momentum; cette eau produit le même effet sur une lourde roue hydraulique qui peut quelquefois tenir lieu de volant; la force ainsi accumulée dans le volant sera suffisante pour maintenir, sans beaucoup de ralentissement, le mouvement de la machine, pendant que le métal passera entre les deux cylindres, tandis que, si la force de l'eau s'était perdue lorsque les machines tournaient à vide, leur mouvement aurait pu être détruit, avant que le métal n'eût fini de passer entre les cylindres.

Quand l'eau est en petite quantité, on peut en favoriser les effets avec un volant, de manière à lui faire vaincre une résistance que seule elle ne pourrait pas surmonter.

## § 31. Du frottement.

D'après ce que j'ai pu recueillir dans différens auteurs et dans mes propres expériences, j'ai déduit la théorie du frottement telle que je vais l'exposer, et j'ai reconnu qu'il est soumis aux lois suivantes.

### *Lois du frottement.*

1[re] *loi.* Le frottement est considérablement diminué, lorsqu'on diminue l'étendue des surfaces en contact. Mais ceci a une limite, car en diminuant outre mesure une des deux surfaces frottantes, elle finirait par rayer l'autre (1).

(1) J'ai déjà dit qu'on avait prouvé par expérience que, si un bloc *F. fig.* 20, de bois ou de cuivre très-poli, de forme rectangulaire, large de 4 pouces et de 1 pouce d'épaisseur, est posé sur un plan aussi très-uni *ABCD*, le

2[e] *loi.* Le frottement est en raison composée du poids et de la vitesse du corps qui glisse, (1).

3[e] *loi.* Cette raison composée diminue à mesure que le poids et la vitesse augmentent, mais on n'a pas encore déterminé suivant quel rapport (2).

poids *P*, qu'il faudra suspendre au bout d'une corde passée sur une poulie pour entraîner ce corps, auquel cette corde est attachée, est le même, sur quelle de ses faces que ce corps soit posé. Diverses expériences, et surtout celles de *Vince*, faites avec le plus grand soin, ont montré que cette conclusión est erronée.

(1) Si nous nous servons d'un levier *L*, ayant son point d'appui en o, pour entraîner le corps *F* par une corde fixée à ce corps et au point 1 du levier, et à l'aide d'un poids *Q* suspendu à une corde partant du bout 7 du levier et passant sur une poulie de renvoi, il a été démontré, par expérience, que, si ce poids *Q* suffit pour mouvoir *F*, il sera le $\frac{1}{7}$ de *P*; aussi ne fera-t-il parcourir à *F* que le $\frac{1}{7}$ de l'espace que *P* lui fait parcourir. Si nous lions le corps *F* avec le point 2 du levier, nous trouverons, conformément aux lois de cette machine simple, que le poids *Q* doit être double ou être égal à $\frac{2}{7}$ de *P*, pour mouvoir *F*; parce que *F* est à une distance du centre de mouvement double de celle à laquelle il s'en trouvait dans la première position de la corde de traction, et qu'il devra parcourir un espace double, si le levier ou si la puissance *Q* décrit le même espace que précédemment. Ceci démontre que le frottement est proportionnel à la distance des parties frottantes au centre du mouvement ; ainsi le frottement des tourillons est proportionnel à leurs diamètres, c'est-à-dire qu'en doublant le diamètre, on double aussi le frottement ; ainsi les tourillons doivent être faits aussi petits que possible, et seulement assez gros pour supporter l'effort du poids.

(2) Il a été prouvé par expérience que si *F* est une plaque de cuivre du poids de 6 onces, et *ABCD* une autre plaque de cuivre, bien polies et huilées, il faut que le poids *P* soit d'à peu près 2 onces pour faire mouvoir *F*. Mais si *F* est chargé de 6, 8 ou 10 livres, alors la sixième partie de ce poids suffira pour l'entraîner. Ceci prouve que le rapport du frottement à la pression décroît à mesure que le poids augmente : je pense que la cause du décroissement de ce rapport est la suivante. Une grande partie du frottement provient de la cohésion des parties des corps en contact ; souvent la graisse que l'on emploie pour faciliter le glissement, a un certain degré de cohésion ; et cette cohésion des parties n'augmente pas, ni avec la pression ni avec la vitesse. Si nous admettons que le frottement est occasionné par le poids du corps qui doit être élevé au-dessus des aspérités des surfaces frottantes, il est certain que, lorsque ce poids aura été mis en mouvement rapide, il n'aura

Digitized by Google

4e *loi*. **Le frottement varie beaucoup suivant le poli et l'aspérité, la dureté et la mollesse des surfaces des corps mobiles en contact.**

plus besoin d'être élevé; ainsi plus la vitesse est grande, moins est grande la résistance provenant de cette élévation du poids.

J'ai fait une expérience semblable à celle indiquée par la *fig.* 20, avec une feuille de verre à bouteille, polie, posée sur une planche de peuplier dressée, frottée d'huile, ainsi que sur une planche d'acier huilée; lorsque la feuille de verre fut chargée de 10 livres, 1 livre la mettait en mouvement; chargée de 22 livres, elle fut tirée par 2 livres; chargée enfin de 60 livres, il fallut 4 livres $\frac{1}{2}$ pour l'entraîner, ce qui est à peu près la $\frac{1}{13}$ partie de la pression : le mouvement fut très-accéléré, ce qui ferait croire qu'un poids moindre encore aurait suffi pour continuer ce mouvement, après qu'il aurait été imprimé.

Nous pouvons raisonnablement supposer que les tourillons de moulin, etc., bien polis et roulant dans des coussinets de bronze, etc., huilés, ont aussi peu de frottement que la feuille de verre à bouteille et la planche dont il a été question; et comme nous trouvons que le frottement décroît à mesure que le poids augmente, nous admettrons que, pour de grandes pressions, il ne s'élève pas à plus de $\frac{1}{16}$ de la pression totale, en supposant que les pivots ont la même grosseur ou diamètre des roues; car il devrait en être ainsi pour qu'on se trouvât dans le cas des plans qui se frottent. D'après ces observations, je calcule le frottement des tourillons d'une roue hydraulique bien *montée* par la proportion suivante : le diamètre d'une roue hydraulique est, au diamètre de ses tourillons, comme le $\frac{1}{16}$ du poids de cette roue est au poids qui doit faire équilibre au frottement.

*Exemples :* Supposons qu'une roue de 15 pieds de diamètre, munie de tourillons de 3 pouces de diamètre, pèse 4000 livres; dans ce cas, raisonnez ainsi : le diamètre 15 pieds, ou 180 pouces, est au diamètre 3 pouces, comme $\frac{1}{16}$ 4000 ou 200 livres sont à 3,333 livres, poids qui, appliqué sur la circonférence de la roue, ferait équilibre au frottement dû à 4000 livres; ce qui est, comme on voit, moins de la $\frac{1}{1000}$ partie du poids. Notez que pour les mêmes raisons que le frottement n'augmente pas proportionnellement à la vitesse, il ne décroît pas non plus en proportion directe de la vitesse des surfaces des tourillons qui frottent : d'où nous devons conclure que le frottement cherché est plus de la $\frac{1}{1000}$ partie. Il résulte encore de là que le frottement des tourillons bien ajustés sur des bons coussinets de bronze n'est pas si grand, qu'il puisse légitimer les moyens dispendieux qu'on emploie pour l'éviter. Ce frottement est peu de chose en comparaison du frottement ou résistance de l'air, surtout lorsque la vitesse est grande. Voy. § 9, et la neuvième loi de la chute des corps.

5[e] *loi.* Le frottement résulte du mouvement; ainsi moins il y a de mouvement, moins il y a de frottement.

## § 32. Des moyens de diminuer le frottement.

On diminue le frottement en employant des dispositions mécaniques pour diminuer, autant que possible, le mouvement des surfaces frottantes; ce à quoi on parvient, soit en donnant de petits tourillons à des roues de grand diamètre, soit en posant ces tourillons de manière à ce qu'ils tournent sur des roues ou galets de frottement. Ainsi si *A*, *fig.* 21, représente le tourillon d'une roue *R*, placé de manière à tourner sur le bord de deux roues ou galets *G*, *G*, en métal fondu, se croisant un peu, il est évident que si *A* tourne, il fera tourner ces deux roues de frottement; et si le diamètre du tourillon *A* est de 2 pouces, tandis que le diamètre des galets est de 12, alors ces galets feront une seule révolution, pendant que *A* en effectuera 6; de manière que la vitesse des tourillons *C*, *C*, des roues de frottement, sera à la vitesse du tourillon *A* proposé, comme 1 est à 6, en supposant les tourillons *C*, *C*, égaux en diamètre au tourillon *A*. Mais comme ces tourillons *C*, *C*, sont au nombre de quatre pour supporter *A*, ils peuvent n'avoir que la moitié du diamètre de ce tourillon, et alors leur vitesse sera à celle de *A*, comme 1 est à 12.

On pourrait poser encore le tourillon *A*, dont on veut diminuer le frottement, sur une seule roue *G*, comme on le voit *fig.* 22, et le maintenir avec des supports à fourchette *F*.

Si les tourillons des roues de frottement sont eux-mêmes posés sur d'autres roues pareilles, le frottement du tourillon considéré peut-être réduit à fort peu de chose (1).

(1) La pratique a prouvé que l'avantage qu'on retire des roues ou galets de frottement, dans les machines lourdes, est si peu de chose, qu'il ne compense pas la dépense de leur construction; aussi cette disposition, sujette à de fréquens dérangemens, n'est-elle que fort rarement employée.

## § 33. Invention récente pour diminuer le frottement.

Les roues de voiture, les poulies, et toutes les roues qui ont de gros axes en proportion de leur diamètre, éprouvent beaucoup de frottement; aussi a-t-on récemment imaginé en Angleterre de leur appliquer le principe du rouleau, ce qui peut facilement se faire, et de manière à détruire presque tout le frottement.

Le moyen qui donne le plus de facilité pour mouvoir horizontalement des corps lourds, est de se servir de rouleaux. Si l'on se représente en effet un corps dur d'un très-grand poids, dont la face inférieure, parfaitement plane et unie, est appuyée sur deux cylindres ou rouleaux parfaitement durs, unis et ronds, pouvant rouler sur un plan horizontal aussi parfaitement dur et uni, il est évident que ce corps sera soutenu suivant deux lignes droites, et que si l'on substituait des sphères aux rouleaux, la moindre force le ferait mouvoir dans toute direction horizontale; une toile d'araignée suffirait pour cela, en lui donnant le temps de surmonter l'inertie du corps. Mais comme on ne peut obtenir ni un poli achevé, ni une dureté parfaite, il restera toujours un petit frottement.

Ce principe peut être appliqué aux roues de voitures de la manière suivante:

Supposons que le cercle extérieur *B C D*, *fig.* 23, représente la boîte d'une roue de voiture, dont l'axe ou essieu est indiqué par le cercle intérieur *A;* si les cercles *a, a, a, a, a, a,* représentent des cylindres parallèles à l'axe *A*, situés dans l'intérieur, entre lui et la boîte, et si les tourillons de ces rouleaux sont engagés dans des trous pratiqués à deux rondelles destinées à les tenir à une distance convenable l'un de l'autre, quand la roue tournera, les rouleaux rouleront tout autour de l'axe et sur l'intérieur de la boîte, presque sans frottement, parce que les surfaces ne glissent pas, mais s'appliquent seulement (1) les unes sur les autres.

(1) Les rouleaux de frottement, qui donnaient tant d'espoir, n'ont pas répondu, dans la pratique, à ce qu'on en attendait; s'ils ne sont pas construits

## § 34. Des maximums ou des plus grands effets des machines.

L'effet d'une machine réside dans la résistance qu'elle surmonte, c'est-à-dire dans l'espace qu'elle fait parcourir à un corps d'un poids donné, durant un intervalle de temps aussi donné. Le poids du corps, multiplié par sa vitesse, est la mesure de cet effet.

La théorie publiée par les savans, et qui a été enseignée et admise comme véritable pendant plusieurs siècles, nous apprend qu'une machine travaille avec le plus grand avantage possible, quand elle est chargée des $\frac{4}{9}$ de la puissance qui la tiendrait en équilibre, et qu'alors sa vitesse est justement le $\frac{1}{3}$ de la plus grande vitesse de la puissance motrice.

Pour expliquer cela, on considère une roue hydraulique en dessous, de 16 *feet* de diamètre, par exemple, mise en mouvement par de l'eau s'écoulant d'une ouverture de vanne de 1 *foot* de large sur 1 *foot* de hauteur, et sous la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet* de hauteur; alors la force motrice est de 250 *pounds*, parce que tel est le poids de la colonne d'eau au-dessus de l'ouverture de vanne mentionnée, où sa vitesse est de 16, 2 *feet* par seconde, comme on le démontrera en parlant des chutes dans l'hydraulique. La roue sera donc mise en mouvement par une puissance de 250 *pounds*, et si on la fait tourner à vide, elle acquerra la vitesse de 16 *feet* par seconde; mais si nous suspendons un poids à une corde passée autour de l'axe de cette roue, et si nous augmentons ce poids jusqu'à ce que la roue soit arrêtée et maintenue en équilibre, nous trouverons, si l'axe a 2 *feet* de diamètre, par exemple, que le poids final

avec la plus parfaite exactitude, ils se déforment en roulant, et le frottement en est augmenté. Dans les voitures, ainsi que dans toute espèce de machines sujettes à un mouvement irrégulier et saccadé, les rouleaux et les cylindres, dans lesquels ils tournent, deviennent bientôt dentelés, et ne sont plus bons à rien.

sera de 2000 *pounds*, en suivant la règle, § 19; et alors l'effet de la machine sera nul, parce que la vitesse est nulle. Mais si nous diminuons graduellement ce poids, la roue se mettra en mouvement, elle le soulèvera, et sa vitesse augmentera progressivement. En même temps, le produit du poids, multiplié par sa vitesse, deviendra de plus en plus grand jusqu'à ce que ce poids sera réduit aux $\frac{4}{9}$ de 2000 ou à 888,7 *pounds*, lequel, étant multiplié par sa vitesse ou espace parcouru actuellement, produira le plus grand effet, et alors la vitesse de la roue sera de $\frac{1}{3}$ de 16 *feet* ou 5,33 *feet* par seconde. Ainsi raisonnent ceux qui ont traité de ce sujet.

Cela paraîtra plus clair au lecteur, s'il conçoit cette roue appliquée à mouvoir un *élévateur*, ou chapelet à remonter le grain, voyez § 90 et 94. En supposant que, lorsque les seaux contiennent chacun 9 *pecks* de blé, la roue reste en équilibre, il est évident qu'alors la machine entière étant sans mouvement, ne produira aucun effet utile; de sorte que, pour donner à l'élévateur la faculté de se mouvoir, il faudra diminuer la quantité de grain dans les seaux. Si l'on opère graduellement, après que la roue aura commencé à se mouvoir, elle remontera le grain de plus en plus vite, et en plus grande quantité, jusqu'à ce que la charge des seaux soit réduite aux $\frac{4}{9}$ de la première ou à 4 *pecks*; alors, suivant la théorie, la vitesse de la machine sera le $\frac{1}{3}$ de la plus grande vitesse qu'elle prendrait à vide, et elle remontera la plus grande quantité possible de blé dans un temps donné; car si nous réduisions la charge de blé contenue dans les seaux à moins de 4 *pecks*, la quantité totale de blé remontée durant ce temps donné serait moindre.

Telle est la théorie admise; pour sa démonstration, voyez *Martin's Philosophy*, vol. 1<sup>er</sup>, pages 185 à 187.

## § 35. Examen de l'ancienne théorie.

**Afin d'analyser cette théorie et de bien comprendre ce qui en a été dit, rappelons-nous les vérités suivantes.**

1° Que la vitesse de l'eau qui s'écoule sous une pression d'une colonne de 4 *feet* d'eau, est à peu près de 16 *feet* par seconde.

2° Que la section ou aire de la vanne mesurée en *feet* carrés, étant multipliée par la hauteur de la chute ou colonne d'eau, mesurée aussi en *feet*, donne le nombre de *feet*, cubes dont la colonne entière est composée, et qui étant multiplié par 62,5 *pounds*, poids d'un *foot* cube d'eau, fournit en *pounds* le poids ou la force de la colonne entière pressant sur la roue.

3° Que le rayon d'une roue, multiplié par la force qui la sollicite, donne un produit qui, étant divisé par le rayon de l'axe, indique le poids à suspendre à cet axe pour tenir la roue en équilibre.

4° Que si l'on retranche la vitesse absolue de la roue de la vitesse absolue de l'eau, il reste la valeur de la vitesse relative avec laquelle l'eau frappe la roue en mouvement.

5° Que le rayon de la roue est au rayon de l'axe, comme la vitesse de la circonférence de la roue est à la vitesse du poids élevé par l'axe.

6° Que les effets des liquides en mouvement sont comme les carrés de leurs vitesses, voyez § 45, loi 6; mais que la force instantanée du choc des liquides est simplement comme leur vitesse. Voyez § 8.

7° Que le poids élevé, multiplié par la hauteur verticale qu'il a parcourue, durant une seconde, donne la valeur de l'effet mécanique par seconde.

8° Que le poids de l'eau dépensée par seconde, multiplié par la hauteur de la colonne d'eau sous laquelle elle s'est écoulée, c'est-à-dire par sa descente verticale, donne la valeur de la force employée durant une seconde.

J'ai calculé l'échelle suivante d'après ces principes, en supposant d'abord que la force du choc des liquides est comme le carré de leurs vitesses relatives, ce qui conduit au *maximum*, d'après l'ancienne théorie.

Lorsque la charge d'équilibre est 2000 *pounds*, la charge correspondante au *maximum* est 888, 7 *pounds*, ou les $\frac{4}{9}$ de

2000, et alors l'effet est le plus grand possible, savoir : 591,98, comme on le voit dans la cinquième colonne. Dans ce cas, la vitesse de la roue est 5,333 *feet* par seconde, égale à $\frac{1}{3}$ de 16 *feet*, vitesse de l'eau, ainsi qu'on le voit dans la sixième ligne de l'échelle. Mais on commet une erreur évidente dans le premier principe de cette théorie, en admettant que la force instantanée de l'eau sur la roue est proportionnelle au carré de la vitesse du choc, ce qui ne peut point être vrai. Voyez § 41.

Je suppose maintenant que la force instantanée du choc des liquides est proportionnelle à leur simple vitesse, alors les poids élevés par la machine ne seront plus qu'en proportion de cette vitesse, et tels qu'ils sont inscrits dans la sixième colonne. On voit encore que pour la charge 1000 *pounds*, c'est-à-dire $\frac{1}{2}$ de 2000 *pounds*, charge d'équilibre, la vitesse de la roue est de 8 *feet* ou $\frac{1}{2}$ de 16 *feet*, vitesse de l'eau par seconde, et qu'alors l'effet, qui est 1000, comme le montre la septième colonne, est à son *maximum*.

Telle est la théorie que j'appelle nouvelle, parce que j'ai appris que *William Waring* l'a établie à peu près à la même époque que moi. Voyez § 38. Elle consiste à supposer que, quand une machine quelconque est chargée de la moitié de la charge qui peut la tenir en équilibre, sa vitesse devient égale précisément à la moitié de la vitesse naturelle de la puissance motrice, et qu'alors l'effet de la machine est un *maximum*, ou le plus grand possible.

Ce qui précède montre combien est grande l'erreur échappée aux savans ; erreur qui a rendu la théorie inutile à la pratique, et a conduit souvent à des fautes bien dispendieuses.

## *Échelle pour déterminer le maximum de charge et de vitesse des moulins en dessous.*

*Données :* Rayon de la roue en dessous. . . . . . . . *8 feet.*
Rayon de l'arbre de cette roue. . . . . . . *1 foot.*
Hauteur de la colonne d'eau sous la pression de laquelle l'écoulement s'effectue. . . *4 feet.*
Aire de l'orifice d'écoulement, ou ouverture de la vanne. . . . . . . . . . 1 *foot* carré.
Vitesse d'écoulement de l'eau, par seconde. 16 *feet.*
Poids de la colonne d'eau. . . . . . . . . . 250 *pounds.*
Poids qui tient la roue en équilibre. . . . . 2000 *pounds.*
Puissance ou effet mécanique dépensé par seconde, 16 *feet* cubes d'eau, ou 1000 *pounds*, descendus de 4 *feet*. . . . . . . 4000

| Vitesse de la roue par seconde, en *feet*. | Vitesse relative avec laquelle l'eau choque la roue en mouvement, en *feet*. | Vitesse du poids élevé, en *feet*. | Ancienne théorie. | | Nouvelle théorie. | | Rapport de la puissance à l'effet maximum, cette puissance étant représentée par 4000 dans les deux théories. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Poids élevé en *pounds*. | Effet mécanique relatif. | Poids élevé en *pounds*. | Effet mécanique relatif. | |
| 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 | 4 | 1,5 | 125 | 187,5 | 500 | 750 | |
| 10 | 6 | 1,25 | 281 | 351 | 750 | 937 | |
| 8 | 8 | 1 | 500 | 500 | 1000 | 1000 | 4 : 1 suiv. la nouv. théorie. |
| 6 | 10 | 0,75 | 781,2 | 585,9 | 1250 | 937 | |
| 5,333 | 10,666 | 0,666 | 888,7 | 591,98 | 1332 | 878 | 10 : 1,47 suiv. l'ancien. théorie. |
| 5 | 11 | 0,625 | 945 | 590,6 | 1375 | 859 | |
| 4 | 12 | 0,5 | 1125 | 562,5 | 1500 | 750 | |
| 2 | 14 | 0,25 | 1531 | 382,7 | 1750 | 375 | |
| 0 | 16 | 0 | 2000 | 0 | 2000 | 0 | |

Digitized by Google

## § 36. Doutes sur la nouvelle théorie.

Quoique je sache bien que la vitesse de la roue en dessous, relative à la nouvelle théorie, un peu plus lente que celle adoptée dans la pratique générale, se rapproche pourtant plus de cette vitesse que celle que l'ancienne théorie indique, j'éprouve néanmoins quelques doutes sur cette nouvelle théorie, par les raisons suivantes.

On dépense 16 *feet* cubes d'eau, c'est-à-dire 1000 *pounds* par seconde, qui, étant multipliés par leur descente verticale 4 *feet*, indiquent une puissance de 4000. Le rapport de la puissance à l'effet produit est, suivant l'ancienne théorie, celui de 10 à 1,47, et, suivant la nouvelle, celui de 4 à 1, comme on le voit dans la huitième colonne de l'échelle. La grande différence qui existe entre ces nombres prouve que l'ancienne théorie est inexacte, et suffit pour mettre en doute, s'il n'y a pas quelque erreur dans la nouvelle.

Ce sujet étant de la plus grande importance dans la mécanique pratique, je me suis efforcé de découvrir la véritable théorie. Je vais exposer mes recherches, afin que, si je l'ai trouvée, je puisse être plus facilement compris, ou que, si je me trompe, on puisse me réfuter plus aisément.

*Essais faits pour découvrir une nouvelle théorie.*

Je construisis, pour faire mes recherches, une simple roue sur laquelle passait une corde qui supportait, à un de ses bouts, un poids de 100 *pounds*, destiné à agir par sa gravité, comme puissance motrice, pour soulever un poids attaché à l'autre bout de la corde.

Cette disposition semble analogue aux principes du levier, et des roues hydrauliques en dessus, à cela près que la quantité de matière qui descend pour agir comme puissance mo-

trice, est toujours de même, quoique la vitesse augmente, tandis que dans les roues en dessus, la puissance sur la roue est en raison inverse de sa vitesse.

Ici nous devons considérer :

1° Que la descente verticale de la puissance *P*, durant une seconde, multipliée par son poids, exprime la puissance motrice;

2° Que le poids *W*, multiplié par son ascension verticale, aussi par seconde, donne l'effet produit;

3° Que la vitesse naturelle du corps tombant *P*, est de 16,2 *feet* pendant la première seconde, puisqu'il parcourt, dans ce temps, une chute de 16,2 *feet*;

4° Que nous devons supposer que la résistance ou poids *W* détruit dans la puissance motrice *P*, une portion de vitesse proportionnelle, c'est-à-dire que, si $W = \frac{1}{2} P$, la vitesse avec laquelle *P* tombera, sera de $\frac{1}{2}$ 16,2 *feet* ou de 8,1 *feet* par seconde;

5° Que si *W* est égal à *P*, il ne pourra pas y avoir de vitesse, et conséquemment d'effet produit. De même il n'y aura point d'effet produit, si $W = 0$; car alors, quoique *P* fasse une chute de 16,2 *feet* durant une seconde, et que sa puissance soit ainsi de 1600 par seconde, elle n'est point appliquée à élever quelque chose.

J'ai calculé sur ces principes l'échelle suivante.

*Échelle pour déterminer le maximum d'effet et de vitesse de poids abandonnés à la gravité.*

Puissance motrice appliquée à la roue. . . . . 100 *pounds.*
Vitesse naturelle de cette puissance tombant librement . . . . . . . . . . . . . . . . . . 16 *feet* par seconde.

| Résistances ou poids élevés exprimés en *pounds.* | Partie de la vitesse proportionnelle à la résistance ou poids élevé, exprimée en *feet.* | Partie de la vitesse avec laquelle se meuvent réellement ensemble la puissance et la résistance, exprimée en *feet.* | Effet mécanique — Dépensé, ou produit de la puissance motrice multipliée par sa descente verticale durant une seconde. | Effet mécanique — Communiqué, ou produit de la résistance multipliée par la hauteur à laquelle elle est élevée par seconde. | Rapport de l'effet mécanique dépensé à l'effet communiqué. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.16 | 15.84 | 1584 | 15.84 | 10:01 |
| 10 | 1.6 | 14.4 | 1440 | 144. | 10:1 |
| 20 | 3.2 | 12.8 | 1280 | 256. | 10:2 |
| 30 | 4.8 | 11.2 | 1120 | 336. | 10:3 |
| 40 | 6.4 | 9.6 | 960 | 384. | 10:4 |
| 50 | 8.0 | 8. | 800 | 400.* | 10:5 |
| 60 | 9.6 | 6.4 | 640 | 384. | 10:6 |
| 70 | 11.2 | 4.8 | 480 | 336. | 10:7 |
| 80 | 12.8 | 3.2 | 320 | 256. | 10:8 |
| 90 | 14.4 | 1.6 | 160 | 144. | 10:9 |
| 99 | 15.84 | 0.16 | 16 | 15.8 | 10:99 |

* Maximum par la nouvelle théorie.

Il résulte de cette échelle que, lorsque le poids $W = 50$ *pounds* ou la moitié de la puissance, l'effet 400 est un *maximum*, comme on le voit dans la cinquième colonne; alors la vitesse 8 *feet* par seconde est la moitié de la vitesse naturelle, et, dans ce cas, le rapport de la puissance à l'effet produit est celui de 10 à 5, comme on le voit dans la sixième colonne.

Cette échelle montre encore que toutes les machines qui sont

mues par une puissance motrice constante dont la vitesse est uniformément accélérée, s'il en existe de pareilles, comme cela est dans le cas présent, doivent être chargées de résistances égales à la moitié de la puissance motrice, afin de produire le plus grand effet possible, dans un temps donné. Mais si on ne tient pas au temps, et pourvu toutefois qu'il reste de la vitesse, plus la résistance sera considérable, plus l'effet produit sera grand, comme on peut le voir dans la sixième colonne. Il paraît même qu'une roue hydraulique en dessus d'une immense grandeur pourrait, en se mouvant très-lentement, produire des effets mécaniques qui seraient avec la puissance dans le rapport de 9,9 à 10.

## § 37. Tableau d'expériences.

Le tableau suivant renferme les résultats d'expériences faites pour s'assurer si la résistance s'approprie une partie proportionnelle de vitesse, et si l'échelle que l'on vient d'examiner est fondée sur de vrais principes. Ces expériences n'ont pas été faites avec le plus grand soin; mais souvent répétées, elles ont toujours donné les mêmes résultats.

## *Table d'expériences.*

La puissance appliquée à la roue est de. . . . 7 *pounds.*
La chute que parcourt cette puissance est de. 40 *feet.*

La résistance variable est aussi appliquée à la roue, mais à l'opposé de la puissance.

| Résistances ou poids, en *pounds*, élevés à 40 *feet*, hauteur totale de la chute. | Intervalles de temps durant lesquels les résistances ou poids ont été élevés à 40 *feet*; ces intervalles ont pour mesure commune deux battemens d'une montre. | Espaces mesurés en *feet*, et parcourus par les résistances ou poids correspondans, durant un des intervalles de temps pris pour mesure; on les obtient en divisant la chute totale 40 *feet*, par le nombre d'intervalles de temps mis à la parcourir. | Puissance motrice dépensée, obtenue en multipliant le poids moteur par sa descente durant un desdits intervalles de temps. | Effets utiles, formés en multipliant les résistances ou poids par leurs vitesses, ou espaces parcourus durant un des intervalles de temps pris pour mesure. | Rapport de la puissance motrice à l'effet utile produit. | Effet utile en supposant qu'il soit proportionnel au carré de la vitesse des résistances ou poids, calculés en multipliant les valeurs de ces poids par les carrés de leurs vitesses. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | | 0 | | 0. | | |
| 6 | 20 | 2 | 14. | 12. | 10:8,5 | 24 |
| 5 | 15,5 | 2,6 | 18.2 | 13. | 10:7,1 | 33,8 |
| 4 | 12 | 3,33 | 23.31 | 13.32 | 10:5,7 | 44,35 |
| 3.5 | 10 | 4, | 28. | 14* | 10:5 | 56, |
| 3 | 9 | 4,44 | 31.08 | 13.32 | 10:4,2 | 59,14 |
| 2 | 6,5 | 6, | 42. | 12. | 10:2,8 | 72** |
| 1 | 6 | 6,6 | 46.2 | 6.6 | 10:1,4 | 43,56 |
| 0 | 5 | 8 | 56. | 0. | | |

* Maximum selon la nouvelle théorie.

** Vrai maximum.

Cette table montre que, lorsque la puissance tombe librement sans rencontrer de résistance, elle parcourt une chute de 40 *feet* durant cinq intervalles de temps égaux entre eux; mais lorsqu'elle est chargée de 3,5 *pounds*, c'est-à-dire de la moitié

de son propre poids 7 *pounds*, elle emploie dix de ces intervalles de temps pour décrire la même chute ; ce qui semble montrer que la charge ou résistance s'empare d'une partie proportionnelle de toute la vitesse, ce qu'on voulait savoir. Dans cette table, le maximum paraît être le même que dans la dernière échelle (1) ; on voit aussi que l'effet utile n'est pas proportionnel à la résistance ou poids multiplié par le carré de sa vitesse ascendante, ce qui est la mesure de l'effet produit par le choc sur un corps non élastique.

Cette expérience me confirma en partie dans ce que j'ai appelé nouvelle théorie ; mais doutant encore, après avoir formé les tables ci-dessus, je consultai mon ingénieux ami *William Waring*, professeur à l'Académie des *friends*, à Philadelphie, qui me dit avoir découvert de son côté l'erreur de l'ancienne théorie, et l'avoir corrigée dans un mémoire présenté à la Société de physique de cette ville, dans lequel il démontre que la vitesse d'une roue hydraulique *en dessous*, correspondant à l'effet *maximum*, doit être juste la moitié de la vitesse de l'eau.

## § 38. Théorie de William Waring.

Ce qui suit est extrait du mémoire cité, que l'on trouve dans le recueil intitulé : *Transactions of the American philosophical Society, held at Philadelphia* ; vol. 3, page 144.

Après une introduction modeste et savante, dans laquelle *W. Waring* démontre la nécessité de corriger une erreur aussi grande que celle que l'on commet en suivant l'ancienne théorie, il commence par établir les définitions suivantes.

(1) Depuis que j'ai écrit ceci, j'ai vu le traité d'*Attwood* sur le mouvement, dans lequel ce physicien donne une série d'expériences faites avec soin, et qui prouvent que la conclusion que j'ai prise est juste, c'est-à-dire que la charge absorbe sa partie proportionnelle de la vitesse totale. Voy. *the American Encyclopedia*, vol. X, p. 786.

*Définitions.* « Si un courant d'eau frappe contre une roue en mouvement, on doit distinguer trois différentes vitesses.

1° La vitesse absolue de l'eau;

2° La vitesse absolue de la roue;

3° La vitesse relative de l'eau par rapport à la roue, égale à la différence des vitesses absolues mentionnées, et avec laquelle l'eau atteint ou frappe la roue.

Maintenant l'erreur vient de ce qu'on suppose que le *momentum*, ou force motrice de l'eau contre la roue, est proportionnel au carré de la vitesse relative, tandis que :

*Proposition I*re. La force motrice d'un courant invariable, frappant une roue de moulin en mouvement, est simplement proportionnelle à la vitesse relative.

Car, si on varie la vitesse relative d'un liquide agissant contre un seul plan, en changeant, soit le mouvement de ce plan, soit celui du liquide, soit enfin tous les deux ensemble, alors le nombre des molécules d'eau qui frappent ce plan dans un temps donné, ainsi que le *momentum* de chacune de ces molécules, étant respectivement comme la vitesse relative, la force motrice pour ces deux causes doit être en raison du carré de la vitesse relative, conformément à la théorie ordinaire, et pour ce qui a rapport à ce seul plan. Mais le nombre de ces plans ou parties d'une roue qui supportent une action dans un temps donné, est comme la vitesse de la roue, ou en raison inverse de la vitesse relative; donc la force motrice qui agit sur la roue doit être proportionnelle à la simple vitesse relative, ce qu'il fallait démontrer.

La proposition est encore manifeste par cette considération, que, tant que le courant est invariable, quelle que soit la vitesse de la roue, le même nombre de particules de liquide doivent la frapper quelque part, dans un temps donné, et qu'en conséquence, la variation de la force motrice est proportionnelle à la variation de la vitesse du choc de ce liquide, occasionnée par un changement de mouvement dans la roue, c'est-à-dire que le *momentum* est comme la vitesse relative.

En substituant maintenant ce vrai principe à l'ancien, la théorie s'accordera parfaitement bien avec les expériences remarquables de l'ingénieux *Smeaton*, qui lui valurent la médaille d'honneur annuelle de la Société royale de Londres, et qui sont publiées dans le 51[e] vol. des Mémoires de cette Société pour 1751, intitulés : *The philosophical transactions of the royal Society of London.*

*Proposition II*[e]. La vitesse d'une roue mue par l'impulsion d'un courant d'eau, doit être égale à la moitié de la vitesse du liquide, pour correspondre au plus grand effet mécanique possible.

Soit effectivement :

$V$ = la vitesse du courant d'eau,

$v$ = la vitesse de la roue hydraulique,

$M$ = la force ou puissance motrice totale du liquide,

$P$ = la portion de cette force ou puissance motrice qui agit sur la roue,

Alors $V - v$ = la vitesse relative, suivant la 3[e] définition; et on a, d'après la 1[re] proposition,

$V : V - v :: M : P$, d'où résulte $P = \frac{M}{V} \times (V - v)$,

mais l'effet mécanique communiqué à la roue est $P \times v$, il a donc pour expression $\frac{M}{V}(V - v) \times v$.

Sous cette forme, il est facile de s'assurer que sa valeur est la plus grande possible, ou un *maximum*, lorsque $v = \frac{1}{2} V$, c'est-à-dire quand la vitesse de la roue est égale à la moitié de celle du liquide, à l'endroit du choc (1), ce qu'il fallait démontrer.

Dans ce cas, la valeur de l'effet mécanique transmis à la roue, se réduit à sa plus grande valeur possible, $\frac{1}{4} M V$.

(1) Si l'on suppose, en effet, $v = \frac{1}{2} V \pm a$, la valeur de $pv$ devient, après la substitution, $\frac{1}{4} MV - \frac{M}{V} aa$, quantité plus petite, quel que soit $a$, que la valeur $\frac{1}{4} MV$ rapportée dans le texte.

La théorie ordinaire donne $v = \frac{1}{5} V$, d'où il résulte que l'erreur n'est pas moins d'un sixième de la véritable vitesse. »

W. WARING.

Philadelphie, 7e et 9e mo. 1790.

*Nota.* Je ne rapporte point la *Proposition III*, démontrée par l'algèbre et qui renvoie à une figure, parce que j'écris plutôt pour les personnes qui s'occupent de mécanique pratique, que pour celles qui cultivent la science.

## § 39. SUITE DE LA THÉORIE DE WILLIAM WARING.

J'ai extrait ce qui suit d'un autre mémoire de W. *Waring*, lu à la Société de physique le 5 avril 1793.

« Depuis que la Société de physique a bien voulu publier, dans ses Transactions, mes observations sur la théorie des moulins, j'ai craint que l'on n'applique mal une partie de ce que j'y ai démontré, savoir que la force d'un courant invariable, frappant contre les aubes d'une roue hydraulique en mouvement, est dans le rapport simple et direct de la vitesse relative. On pourrait supposer que l'effet mécanique produit doit suivre cette même proportion, et tomber ainsi dans l'erreur; ou trouvant par expérience que cet effet mécanique est comme le carré de la vitesse, on pourrait croire que la nouvelle théorie n'est pas bien fondée. C'est pourquoi, afin de prévenir les fausses applications, j'aurais désiré ajouter quelques développemens à mon mémoire, avant la publication qui en a été faite par la Société : tel que le suivant.

» Le maximum d'effet mécanique d'une roue *en dessous*, relatif à une quantité donnée d'eau, dans un temps donné, est proportionnel au carré de la vitesse de l'eau; car cet effet est égal à l'effort qui agit sur la roue, multiplié par la vitesse de cette roue. Mais on a démontré, 1re proposition, que cet effort est simplement comme la vitesse relative, et proposition 2e, que la vitesse de la roue, qui produit le maximum d'effet, doit

que sa force instantanée ne soit simplement que comme ces vitesses, selon la note du § 8 (1).

2°. Une quantité égale de matière élastique, frappant sur un obstacle fixe avec une vitesse double, produit un effet quadruple, § 8, c'est-à-dire que les effets sont comme les carrés des vitesses ; conséquemment :

3° Une quantité double de ladite matière, frappant avec une vitesse double, produit un effet octuple, les effets sont comme les cubes des vitesses, § 47 et 67.

4° Si la matière qui frappe n'est pas élastique, si c'est un liquide, par exemple, alors la force instantanée ne sera que de la moitié ; mais le rapport restera le même dans chaque cas.

5° Une vitesse d'écoulement double, par une ouverture de vanne donnée, fournit une quantité double d'eau. Ainsi, d'après la troisième des propositions précédentes, les effets produits sur les aubes de la roue sont proportionnels aux cubes de la vitesse. Voy. § 47.

6° Mais une vitesse relative double n'augmentant pas la quantité de liquide qui agit sur la roue, l'effet ne peut être que comme le carré de la vitesse, selon la deuxième proposition.

7° Quoique la force instantanée et que les effets des liquides qui frappent des obstacles fixes, soient seulement comme leurs vitesses simples, cependant les effets de ces liquides sur les aubes des roues en mouvement, sont comme les carrés de leurs vitesses ; parce que d'abord, une vitesse double donne une force instantanée double qui produit un effort double sur la roue, et qu'ensuite une vitesse double fait parcourir à la charge ou résistance un espace double dans le même temps, et qu'une charge double, parcourant un espace double, répond à un effet quadruple.

(1) Parce que la distance à laquelle il recule après le choc, dans un milieu résistant, est comme le carré de la vitesse du choc.

## § 41. Recherches pour établir une véritable théorie, entreprises sur un nouveau plan.

Il paraît que nous avons appliqué des principes erronés, dans nos recherches sur la véritable théorie de la vitesse et de l'effet *maximum* des roues en dessous, et de toutes autres machines mues par une puissance constante qui n'éprouve aucune augmentation ni diminution, pendant qu'elle agit sur la machine, comme cela a lieu pour une roue hydraulique en dessus quand sa vitesse vient à varier.

Supposons que l'eau s'écoule sous la pression d'une colonne d'eau de 16 *feet*, pour mettre en mouvement une roue en dessous, alors si cette roue tourne aussi vite que l'eau, sa vitesse sera de 32,4 *feet* par seconde; mais elle ne pourra vaincre aucune résistance. Supposons maintenant que nous chargions la roue de manière à réduire son mouvement, jusqu'à ce qu'il soit égal à la vitesse de l'eau s'écoulant sous une pression d'eau de 15 *feet*, il est évident qu'alors la pression sera réduite à celle de 1 *foot* de hauteur d'eau, et cette hauteur d'eau, multipliée par la vitesse de la roue, c'est-à-dire, 1×31.34, donnera 31.34 pour l'effet communiqué à cette roue.

Tel paraît être le véritable principe duquel nous devons déduire la vitesse et la charge maximum, pour les machines qui sont mises en mouvement par une puissance constante; c'est d'après ce principe que j'ai calculé l'échelle suivante:

## *Échelle pour déterminer le véritable maximum de vitesse et de charge des roues hydrauliques en dessous.*

*Données :* Hauteur de la colonne d'eau sous la pression de laquelle s'écoule l'eau motrice. . . . . . 16 *feet.*
Vitesse de l'eau par seconde, due à cette pression. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 32.4 *feet.*

| Portion de la colonne d'eau à la pression de laquelle est dû l'effort de l'eau motrice sur la roue, exprimée en *feet.* | Vitesse de la roue en dessous, par seconde, exprimée en *feet.* Cette vitesse est égale à celle de l'eau s'écoulant sous les pressions correspondantes, indiquées dans la colonne qui précède. | Portion de la colonne d'eau totale, à la pression de laquelle est dû et est proportionnel l'effort de l'eau sur la roue, exprimée en *feet.* | Nombres proportionnels à l'effet mécanique communiqué à la roue par seconde, formés en multipliant la vitesse de la roue par la portion de colonne ou pression d'eau agissant sur cette roue. |
|---|---|---|---|
| 16 | 32.4 | 0. | 0. |
| 15 | 31.34 | 1. | 31.34 |
| 14 | 30.2 | 2. | 60.4 |
| 12 | 28. | 4. | 112. |
| 10 | 25.54 | 6. | 153.24 |
| 8 | 22.8 | 8. | 182.4 |
| 7 | 21.43 | 9. | 192.87 |
| 6 | 19.84 | 10. | 198.4 |
| 5,66 | 19.27 | 10.33 | 198.95 |
| 5,33 | 18.71 | 10.66 | 199.44* |
| 5 | 18. | 11. | 198. |
| 4 | 16.2 | 12. | 194.4 |
| 3 | 14. | 13. | 172. |
| 2 | 11.4 | 14. | 159.6 |
| 1 | 8.1 | 15. | 120. |
| 0 | 0. | 16. | 0. |

* Maximum de vitesse et de charge.

Supposons que, dans cette échelle, l'ouverture de la vanne soit d'un *foot* carré, alors la plus grande charge ou résistance qui balancera l'effort ou pression de la colonne d'eau sur la roue, sera de 16 *feet* cubes d'eau, et les différentes charges seront aussi exprimées en *feet* cubes d'eau.

Il paraît, par cette échelle, que, lorsque la roue est sollicitée par la pression de 10.66 *feet* cubes d'eau, ou par les $\frac{2}{3}$ de la plus grande pression, sa vitesse est 18.71 *feet* par seconde, ou 0.577 de la vitesse de l'eau, et l'effet produit 199.44 est alors au maximum ou le plus grand possible.

Pour rendre ceci plus clair, supposons que *AB*, *fig.* 24, est une chute ou colonne d'eau de 16 *feet*, à laquelle il s'agit de faire produire le plus grand effet possible, en l'appliquant à élever de l'eau, du côté de la roue opposé à celui sur lequel l'eau exerce sa puissance, d'abord sur le principe des roues en dessous, contre lesquelles l'eau agit seulement par impulsion. Supposons que l'eau frappe la roue en *I*, alors si nous laissons celle-ci se mouvoir sans charge, elle tournera avec la vitesse de l'eau qui est de 32.4 *feet* par seconde, mais ne produira aucun effet, si l'eau sort en *C*, quoiqu'il y ait 32.4 *feet* cubes d'eau dépensée sous 16 *feet* de chute verticale. Afin de faciliter les calculs, prenons pour unité de poids celui d'un *foot* cube d'eau; alors $32.4 \times 16 = 518.4$ exprimera la puissance dépensée par seconde, et l'eau qu'elle élèvera, multipliée par la hauteur verticale à laquelle cette eau sera élevée, exprimera l'effet correspondant. Si, pour faire produire un effet par la puissance, nous chargeons la roue de la manière la plus simple, qui se réduit à imaginer que la base du tube *CD*, plein d'eau, est formée par le derrière de l'aube *I*, il est clair que, si *CD* est égal à *AB*, la roue sera maintenue en équilibre; elle supportera la plus grande charge possible, et l'effet de la pression entière de l'eau motrice étant balancé, il n'en restera aucune partie pour donner de la vitesse à la roue, de sorte que l'effet sera nul.

Mais si nous supposons que *CD* est réduit à 12 *feet*, par exemple, il restera évidemment une portion de la pression totale égale à la pression de 4 *feet* d'eau, pour donner de la vitesse à la roue ; et comme il n'y a pas de résistance qui s'oppose à la pression de ces 4 *feet* d'eau, la roue prendra la vitesse de ce liquide s'écoulant sous cette pression, c'est-à-dire, 16.2 *feet* par seconde. Cette vitesse peut être représentée par la ligne horizontale $e''''$ 4, passant par le point 4 de la ligne *AB*, de sorte que la portion de cette ligne *B* 4 = $e''''$ 16.2 exprimera la résistance dont la roue sera chargée, tellement que le produit de ces deux lignes $e''''$ 4, et *B*4, ou l'aire du rectangle *B* 4 $e''''$ 16.2, égale à 12×16,2 ou à 194.4, peut être considérée comme une vraie représentation de l'effet produit par seconde, qui est ainsi 194.4.

Nous trouverons de la même manière les effets dus à une charge quelconque, et nous verrons que plus la charge sera légère, plus la vitesse sera grande. Les diverses lignes horizontales représentent dans la figure, les vitesses de la roue, produites par les portions de chute dont l'effet n'est pas détruit par les résistances dont la roue est supposée chargée ; les lignes verticales expriment la charge sur la roue. On verra que, lorsque la charge est 10.66 ou les $\frac{2}{3}$ de la charge d'équilibre 16, la vitesse de la roue est 18,71 *feet* par seconde, c'est-à-dire 0,577, ou un peu moins que 6 dixièmes ou les $\frac{3}{5}$ de la vitesse de l'eau ; et que l'effet produit 199,44 est le maximum ou le plus grand possible. Si l'ouverture de la vanne est de 1 *foot* carré, la quantité d'eau écoulée ou l'eau motrice dépensée sera de 18,71 *feet* cubes par seconde, laquelle étant multipliée par 16 *feet*, hauteur totale de la chute, donnera, pour la valeur de la puissance, 299,36, tellement que, le rapport de cette puissance à l'effet produit sera exprimé par celui de ce nombre au nombre 199,44 trouvé, c'est-à-dire par le rapport de 10 à 6,8 ou de 3 à 2. Dans tout ce que nous venons de dire, nous

avons supposé qu'aucune partie de la force n'est perdue par la non-élasticité de l'eau.

Tout cela paraîtra plus clair, si nous supposons que l'eau descend dans le tube *AB*, d'un *foot* carré de section, pour s'élever, par sa propre pression, dans le tube *CD* d'une section égale; car il est évident que, s'il faut élever l'eau jusqu'en *D*, ce liquide n'y aura pas de vitesse; et l'effet produit sera nul. De même, si nous ouvrons le tube *CD* en C, l'eau y aura bien 32,4 *feet* de vitesse par seconde; mais comme elle ne sera élevée à aucune hauteur, l'effet produit sera encore nul. Ainsi le maximum d'effet aura lieu en ouvrant le tube *CD* quelque part, entre *C* et *D*. Supposons donc que ce tube *CD* soit ouvert à diverses hauteurs au-dessus de sa base *C*, il est clair que la vitesse par seconde de l'écoulement de l'eau en *feet* exprimera le nombre de *feet* cubes d'eau élevés aussi par seconde; de sorte qu'en la multipliant par la hauteur à laquelle le tuyau aura été ouvert au-dessus de *C*, le produit donnera la mesure de l'effet mécanique, pour lequel on trouvera le même maximum que précédemment.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que l'eau agit comme un corps solide, et qu'elle peut produire des effets égaux à ceux des corps élastiques ou égaux à ceux de son propre poids; voy. § 59, ce qui ne peut avoir lieu dans la pratique; parce que, lorsque l'eau agit seulement par percussion, elle ne communique que la moitié de la force qui l'anime, à cause de sa non-élasticité, l'autre moitié étant perdue par le rejaillissement; voy. § 8. Ainsi le véritable effet sera $\frac{48}{100}$, ou un peu plus que $\frac{1}{5}$ de la puissance motrice, parce que près de $\frac{1}{3}$ est perdu pour obtenir la vitesse, et que la moitié des $\frac{2}{3}$ restans est perdue par la non-élasticité.

Telles sont les raisons pour lesquelles l'effet produit par une roue hydraulique *en dessous* n'est que la moitié de celui produit par une roue hydraulique *en dessus*, pour une même chute et une même quantité d'eau. Ces résultats s'accordent

Digitized by Google

avec les expériences de *Smeaton*; voy. § 68. Mais si nous supposons que la vitesse de la roue est le tiers de celle de l'eau, ou 10,8 *feet* par seconde, et que la charge est les $\frac{4}{9}$ de la plus grande charge d'équilibre 16, c'est-à-dire 7,111, comme dans l'ancienne théorie; alors l'effet produit sera 10,8×7,111, ou 76,79, ce qui est trop peu relativement à la puissance motrice représentée par 32,4 *feet* cubes d'eau multipliés par 16 *feet* de chute ou 518,4. L'effet, selon cette théorie, serait moins de $\frac{15}{100}$ de la puissance, ou environ la moitié de l'effet indiqué par l'expérience. Cet effet est inscrit comme les autres, sur les lignes ponctuées qui aboutissent aux angles de gauche des rectangles formés par les lignes qui représentent les charges et les vitesses dans chaque expérience, rectangles qui expriment véritablement les effets correspondans. Les lignes ponctuées *AX*, *X* 32,4, respectivement parallèles aux lignes *B* 32,4, *BA*, forment avec ces lignes un rectangle *AB* 32,4 *X*, dont la surface représente de même la valeur de la puissance motrice, égale dans l'exemple à 518,4.

Si nous supposons encore que la roue tourne avec la moitié de la vitesse de l'eau, ou 16,2 *feet* par seconde, et qu'elle est chargée de la moitié 8, de la plus grande charge, conformément à la théorie de *Waring*, alors l'effet sera 16,2 × 8 = 129,6, ou à peu près $\frac{25}{100}$ de la puissance, valeur qui est encore au-dessous de ce que donne l'expérience; tout ceci paraît confirmer le *maximum* auquel on est conduit par le nouveau principe.

Mais si nous supposons, selon ce nouveau principe, que, lorsque la roue tourne avec la vitesse de 16,12 *feet* par seconde, due à la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet*, elle supporte l'effort des 12 *feet* de pression qui restent, alors l'effet sera 16,2 × 12 = 194,4; ce qui s'accorde à peu près avec la pratique. Comme la plupart des moulins vont plus vite et que très-peu tournent plus doucement que ce que je nomme le vrai *maximum*, cela prouve qu'il ne s'éloigne pas beaucoup de la vé-

rité. Ce vrai *maximum* de vitesse est 0,577 de la vitesse de l'eau, et les moulins, dans la pratique, tournant avec les $\frac{2}{3}$ de cette vitesse et généralement plus vite (1).

L'échelle précédente établit aussi la vraie charge *maximum* d'une roue *en dessus*, quand la puissance, ou quantité d'eau qui agit sur la roue, est toujours la même, quoique la vitesse varie, ce qui arriverait si les augets étaient toujours remplis d'eau; car supposons que l'eau motrice livrée à la roue en *a*, est employée à s'élever elle-même par le côté opposé de cette roue, alors, aussitôt que l'eau élevée par la roue atteindra le point *d*, il est évident que celle-ci s'arrêtera, et que l'effet sera nul : ainsi nous devrons faire sortir l'eau de la roue avant

(1) La raison pour laquelle la roue supporte une aussi grande charge paraît être celle-ci : une pression de 16 *feet* d'eau sur une ouverture de vanne de 1 *foot* carré, produit l'écoulement de 32.4 *feet* cubes d'eau, durant une seconde, lesquels choquent la roue dans le même temps qu'un corps grave emploie pour tomber de la hauteur du niveau supérieur de l'eau. Maintenant si 16 *feet* cubes de matière élastique tombaient d'une hauteur de 16 *feet*, et frappaient un plan élastique, cette matière s'élèverait par la force du choc, de toute la hauteur dont elle serait tombée, ou en d'autres mots, elle aurait une force suffisante pour supporter une charge de 16 *feet* cubes d'eau.

De plus, si 32 *feet* cubes de matière non élastique, se mouvant avec la même vitesse que les 16 *feet* de matière élastique dont nous venons de parler, frappent une roue dans le même temps, quoiqu'ils ne communiquent que la moitié de la force qui leur a donné le mouvement; cependant, comme il y a une quantité double de matière frappant dans le même temps, les effets seront égaux entre eux, c'est-à-dire que la roue supportera une charge de 16 *feet* cubes d'eau ou la colonne entière pour être tenue en équilibre.

Pour détruire toute la vitesse, il faut opposer une colonne égale à celle qui produit cette vitesse; conséquemment, pour détruire une partie de la vitesse, il faudra une partie proportionnée de la colonne; et nous voyons, dans le § 41, que pour réduire la vitesse de la roue à 0,577 de la vitesse de l'eau, il faut les $\frac{2}{3}$ de la colonne entière, ce qui est la charge maximum. Quand la vitesse de la roue est multipliée par les $\frac{2}{3}$ de la colonne, elle produit un effet qui est à la puissance, comme 38 est à 100, ou comme 3.8 est à 10, un peu plus de $\frac{1}{3}$, que le frottement et la résistance de l'air peuvent le réduire à $\frac{1}{4}$.

que celle-ci ne l'ait élevée en *d*; ce qui causera la perte d'une partie de la puissance, sacrifiée pour obtenir de la vitesse. Si les augets montant et descendant peuvent être considérés comme suivis par des colonnes d'eau de 1 *foot* carré de base, alors la vitesse de la roue représentera, comme avant, la quantité d'eau élevée, laquelle étant multipliée par son élévation verticale exprimera l'effet. La quantité d'eau dépensée multipliée par sa descente verticale, exprimant la puissance, nous trouverons que, lorsque la roue est chargée des $\frac{2}{3}$ de cette puissance, l'effet est au *maximum*, ou égal à toute la quantité d'eau, élevée à une hauteur égale aux $\frac{2}{3}$ de sa descente; ou aux $\frac{2}{3}$ de cette eau, élevée à la hauteur d'où elle est descendue. Ainsi le rapport de la puissance à l'effet est comme 3 à 2, et l'effet est doublé de celui d'une roue en dessous : mais cela n'est vrai qu'en supposant que la quantité d'eau est toujours la même dans les augets, tandis que, dans les roues en dessus, la quantité d'eau reçue par ces augets est en raison inverse de la vitesse de la roue. Plus le mouvement de la roue est lent, plus la quantité d'eau reçue dans les augets est grande; et plus ce mouvement est rapide, plus cette quantité d'eau est petite : mais comme nous sommes obligés de laisser les roues en dessus se mouvoir avec une vitesse considérable, afin d'obtenir dans le moulin un mouvement régulier permanent, nous trouverons que cette charge est toujours à peu près juste, et j'en déduis la théorie suivante.

§ 42. Exposition de la vraie théorie.

L'échelle précédente me paraît avoir montré :

1° Que lorsqu'une roue en dessous tourne avec 0,577 ou près de 0,6 de la vitesse de l'eau, elle peut supporter une charge égale aux $\frac{4}{9}$ du poids qui la tiendrait en équilibre; et alors l'effet est au *maximum*. Le rapport de la puissance à l'effet est celui de 3 à 1, ou à peu près;

2° Que lorsqu'une roue en dessus est chargée des $\frac{2}{3}$ du poids

Digitized by Google

de l'eau agissant sur cette roue, alors l'effet est au *maximum*, c'est-à-dire, le plus grand des effets qui puissent être produits par ladite puissance, dans un temps donné; le rapport de la puissance à l'effet est celui de 3 à 2 ou à peu près;

3° Que le tiers de la puissance est nécessairement perdu, tant pour obtenir la vitesse que pour surmonter l'inertie de la matière, ce qui est vrai pour toutes les machines qui doivent joindre la vitesse à la puissance.

Telle est, je crois, la véritable théorie des moulins à eau, pour les raisons suivantes :

Cette théorie est déduite du raisonnement primitif, sans trop s'appuyer sur des calculs.

Elle s'accorde mieux que toutes les autres théories, avec les expériences du savant *Smeaton*.

Elle s'accorde le mieux avec la pratique, d'après les meilleurs renseignemens qui sont venus.

Cependant je ne désire pas qu'on y croie avant de s'être assuré qu'elle est bien fondée et qu'elle est d'accord avec la pratique; c'est pourquoi j'ai rapporté avec assez de détails, dans cet ouvrage, les expériences de *Smeaton*, afin que le lecteur puisse les comparer avec la théorie.

*Théorème pour trouver la charge maximum des roues en dessous.*

**Le carré de la vitesse de l'eau, ou de la roue tournant à vide, est à la hauteur de la chute ou pression d'eau qui produit cette vitesse, comme le carré de la vitesse de la roue chargée est à la chute, pression d'eau ou force, qui produirait cette vitesse; cette pression, soustraite de la pression ou force totale, donnera pour reste la valeur de la charge mise en mouvement par la circonférence ou bord de la roue, et cette charge, multipliée par la vitesse de la roue, exprimera l'effet.**

*Problème.* Soit $V$ = la vitesse de l'eau ou de la circonférence de la roue tournant à vide, par seconde, = 32, 4 *feet.*

$P$ = la pression, force ou charge d'équilibre = 16.

$v$ = la vitesse de la circonférence de la roue chargée = 16,2 *feet.*

$p$ = la force, ou la colonne d'eau dont la pression produirait ladite vitesse $v$.

$l$ = le poids dont la circonférence de la roue est chargée.

Alors, pour trouver la valeur de la charge $l$, il faut d'abord obtenir celle de $p$, et en suivant le théorême qui précède, on a

$VV : P :: vv : p$; d'où il résulte :

$$p = \frac{vv}{VV} P$$

Mais on a encore $l = P - p$, et par conséquent :

$$l = P - \frac{vv}{VV} P$$

Si l'on substitue dans cette expression les valeurs numériques énoncées, on trouvera la charge $l = 12$.

Cette expression veut dire, en langage ordinaire, que le carré de la vitesse de la roue chargée, multiplié par la force, pression ou colonne d'eau totale, et divisée par le carré de la vitesse de l'eau, donne pour quotient la force, pression, ou colonne d'eau qui n'est pas balancée par la charge, et qui produit la vitesse de la roue; laquelle force, pression ou colonne d'eau non balancée, soustraite de la force, pression ou colonne d'eau totale, donne pour reste, l'effort qui agit sur la roue.

§ 43. Théorême pour trouver la vitesse de la roue, quand on connait, avec la vitesse de l'eau, la charge d'équilibre, et que la charge ou résistance sur la roue est donnée.

La racine carrée de la force, pression ou charge d'équi-

libre, est à la vitesse de l'eau, comme la racine carrée de la différence entre la charge sur la roue et la charge d'équilibre, est à la vitesse de la roue.

*Problème:* Soit $V$ = la vitesse de l'eau par seconde = 32,4 *feet.*

$P$ = les force, pression ou charge d'équilibre = 16.

$l$ = la charge de la roue, supposée 12.

$v$ = la vitesse de la circonférence de la roue par seconde,

Alors, selon le théorême énoncé.

$\sqrt{P} : V :: \sqrt{P-l} : v$

D'où il résulte $v\sqrt{P} = V\sqrt{P-l}$, et par suite :

$$v = \frac{\sqrt{P-l}}{\sqrt{P}} V$$

Si l'on introduit dans cette expression les valeurs numériques énoncées, on trouve, pour la vitesse de la roue cherchée,

$v$ = 16,2 *feet* par seconde.

Cette expression signifie, en langage ordinaire, que la vitesse de l'eau 32,4 *feet*, multipliée par la racine carrée 2, de la différence 4, entre la charge sur la roue 12 et la charge d'équilibre 16, divisée par la racine carrée 4, de cette charge d'équilibre, donne 16,2 *feet* pour la vitesse de la roue.

Maintenant, si nous cherchons le *maximum* par l'un ou l'autre des deux théorêmes précédens, on le trouvera comme il est indiqué dans l'échelle ou figure 24.

Peut-être verrons-nous ici la véritable cause tant de l'erreur de l'ancienne théorie, § 35, commise en supposant que la charge sur la roue, soit proportionnelle au carré de la vitesse relative de l'eau et de la roue, que de l'erreur de la nouvelle théorie, qui suppose que la charge suit le rapport simple de la vitesse relative, ou du choc de l'eau, § 38, tandis qu'elle ne suit aucune de ces proportions.

La pratique ne s'accorde ni avec l'ancienne ni avec la nouvelle théorie; ainsi nous pouvons soupçonner qu'elles sont fondées sur des erreurs.

Mais si ce que j'appelle la vraie théorie, continue à s'accorder avec l'expérience, le praticien doit peu s'embarrasser sur quoi elle est fondée.

## § 44. DE LA VITESSE MAXIMUM DES ROUES HYDRAULIQUES EN DESSUS, MUES PAR LE POIDS DE L'EAU.

Avant d'abandonner le sujet des maximums, je crois qu'il est bon d'examiner si cette doctrine peut s'appliquer au mouvement des roues en dessus. Il paraît que l'opinion générale de ceux qui se sont occupés de cette matière est que cette application ne peut pas avoir lieu; mais que plus la roue tourne lentement, pourvu qu'elle ait assez de capacité pour recevoir toute l'eau, sans en perdre jusqu'à ce que ce liquide soit arrivé au bas de la roue, plus l'effet est grand; ce qui semble être le cas dans la théorie; voy. § 36. Examinons jusqu'à quel point cette théorie est bonne dans la pratique.

Ayant eu connaissance les expériences de l'ingénieux *James Smeaton*, dans lesquelles il démontre que, lorsque la circonférence de sa petite roue, de 24 *inches* de diamètre, parcourait 3,1 *feet* par seconde, il obtenait, à $\frac{1}{20}$ près, le plus grand effet possible, avec un mouvement constamment régulier; d'où il conclut qu'il convient de donner une vitesse de 3 *feet* par seconde, à la circonférence des roues en dessus; voy. § 68; j'entrepris de comparer sa théorie avec ce qui est pratiqué dans les meilleurs moulins. Mais trouvant que les roues d'environ 17 *feet* de diamètre, tournent généralement avec une vitesse de 9 *feet* par seconde, ou trois fois plus vite que *Smeaton* le recommande, je commençai à douter de sa théorie. Cela me fit examiner le principe qui donne le mouvement aux roues en dessus, et je reconnus que c'était le même que celui qui

sollicite un corps abandonné à l'action de sa gravité, ou dont le mouvement est soumis à toutes les lois des corps qui tombent, § 9; ou des corps qui glissent sur des plans inclinés ou sur des surfaces courbes, § 10 et 11; corps dont le mouvement est uniformément accéléré pendant toute la durée de leur course, et dont la vitesse croît comme la racine carrée de l'espace parcouru.

De là j'ai conclu que la vitesse de la circonférence des roues à augets *en dessus* doit être proportionnelle à la racine carrée de leur diamètre, et que la vitesse de la circonférence des roues *de côté* et des roues à augets *par derrière* doit être proportionnelle à la chute que l'eau parcourt.

Alors, en prenant les expériences de *Smeaton* et sa roue de 2 *feet* de diamètre pour terme de comparaison, je dis : la racine carrée du diamètre de la roue de *Smeaton*, est à sa vitesse *maximum*, comme la racine carrée du diamètre d'une autre roue quelconque, est à la vitesse *maximum* de cette roue. J'ai calculé sur ces principes la table suivante, et l'ayant comparée avec au moins 50 moulins en activité, j'ai trouvé qu'elle s'accorde si bien avec les mieux construits, que j'ai tout lieu de croire qu'elle est fondée sur de vrais principes.

Si une roue en dessus tourne librement sans résistance, elle prendra une vitesse moyenne entre celle de l'eau qui arrive sur la roue, et la plus grande vitesse que cette eau pourrait acquérir en tombant librement de toute la hauteur de la chute : ainsi cette vitesse moyenne sera plus grande que la vitesse de l'eau arrivant sur la roue ; conséquemment, le dos des augets frappera l'eau et en chassera une grande partie hors de la roue. D'ailleurs la vitesse de l'eau étant accélérée par sa gravité, dépasse celle de la roue peut-être vers la moitié de la chute, et presse sur les augets jusqu'à ce qu'elle quitte la roue ; ainsi l'eau presse plus fort les augets dans le quart de roue inférieur que dans le quart supérieur. De là, la raison pour laquelle quelques roues projettent leur eau, ce qui arrive toujours

quand la charge n'est pas suffisante pour donner à ce liquide la vitesse dont il doit être animé pour entrer dans les augets. Mais cela dépend aussi beaucoup de la position des augets et de la direction de l'eau qui doit y entrer. Il paraît, quoi qu'il en soit, que la pression d'eau au-dessus de la roue doit être déterminée avec soin, pour qu'elle convienne à la vitesse de la roue. Ici nous pouvons supposer que la colonne d'eau au-dessus de la roue, agit par percussion, ou suivant les mêmes principes que dans les roues en dessous; et comme nous avons montré, § 41, qu'une telle roue devrait se mouvoir avec à peu près les deux tiers de la vitesse de l'eau, il paraît que nous devrions ménager au-dessus de la roue une colonne d'eau dont la pression fût capable de donner à l'écoulement de ce liquide une vitesse qui soit à celle de la roue comme 3 est à 2.

Ainsi, la chute entière de l'eau d'un emplacement de moulin doit être partagée avec soin, en deux parties convenables, l'une pour la charge de l'écoulement de l'eau; l'autre pour la chute que ce liquide doit réellement parcourir, afin d'obtenir le plus grand effet possible et un mouvement régulier. Déterminez d'abord la vitesse que le poids de l'eau fera prendre à la roue, pour un diamètre quelconque que vous lui supposerez. Vérifiez alors si la charge d'eau que vous aurez réservée pour activer l'écoulement de l'eau, lui imprime une vitesse triple de la moitié de celle que vous aurez trouvée pour la roue, en faisant des réserves pour le frottement de l'eau, d'après la forme de l'ouverture d'écoulement. Voyez § 55. Cela étant, si les augets et la direction de la lame d'eau sont bien disposés, la roue recevra toute l'eau, et se mouvra de la meilleure manière possible, avec un mouvement régulier, sous la charge d'une résistance égale aux deux tiers de la puissance, § 41, 42.

Digitized by Google

*Table des vitesses de la circonférence des roues en dessus.*

| Diamètre de la roue, en *feet*. | Vitesse de la circonférence de la roue, par seconde; en *feet*. | Charge d'eau au-dessus de la roue, capable de donner à l'eau affluente une vitesse égale aux 4/3 de celle de la roue, en *feet*. | Supplément de charge pour vaincre le frottement contre les bords de l'orifice d'écoulement, estimé en *feet*. | Charge d'eau totale au-dessus de la roue, en *feet*. | Nombre de révolutions de la roue par minute. |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 3.10 | | | | 28.25 |
| 3 | 3.78 | | | | 24.10 |
| 4 | 4.38 | | | | 20.95 |
| 5 | 4.88 | | | | 19.56 |
| 6 | 5.36 | | | | 17.05 |
| 7 | 5.80 | | | | 15.80 |
| 8 | 6.19 | | | | 14.80 |
| 9 | 6.57 | 1,41 | 0.10 | 1.51 | 14.00 |
| 10 | 6.92 | 1.64 | 0.10 | 1.74 | 13.20 |
| 11 | 7.24 | 1.84 | 0.10 | 1.94 | 12.60 |
| 12 | 7.57 | 2.00 | 0.20 | 2.20 | 12.00 |
| 13 | 7.86 | 2.17 | 6.30 | 2.47 | 11.54 |
| 14 | 8.19 | 2.34 | 0.40 | 2.74 | 11.17 |
| 15 | 8.47 | 2.49 | 0.50 | 2.99 | 10.78 |
| 16 | 8.76 | 2.68 | 0.60 | 3.28 | 10.40 |
| 17 | 9.00 | 2.80 | 0.70 | 3.50 | 19.10 |
| 18 | 9.28 | 3.00 | 0.80 | 3,80 | 9.80 |
| 19 | 9.50 | 3.13 | 0.90 | 4.03 | 9.54 |
| 20 | 9.78 | 3.34 | 1.00 | 4.34 | 9.30 |
| 21 | 10.00 | 3.49 | 1.05 | 4.54 | 9.10 |
| 22 | 10.28 | 3.76 | 1.10 | 4.86 | 8.90 |
| 23 | 10.50 | 3.84 | 1.15 | 4.99 | 8.70 |
| 24 | 10.70 | 4.97 | 1.20 | 5.27 | 8,50 |
| 25 | 10.95 | 4.20 | 1.25 | 5.45 | 8.30 |
| 26 | 11.16 | 4.27 | 1,30 | 6.57 | 8.19 |
| 27 | 11.36 | 4.42 | 1.35 | 5.77 | 8.03 |
| 28 | 11.54 | 4.56 | 1,40 | 5.96 | 7.93 |
| 29 | 11.78 | 4.70 | 1,45 | 6.15 | 7.75 |
| 30 | 11.99 | 4.90 | 1.50 | 6.40 | 7.63 |

Cette doctrine des *maximums* est très-intéressante, et on trouve maintes occasions d'en faire usage.

1° Il a été démontré qu'il existe, pour toutes les machines, une vitesse et une charge ou résistance *maximum*, relatives à la grandeur et à la vitesse de la puissance qui met ces machines en mouvement.

2° Il existe aussi un *maximum* de dimension, de vitesse et d'alimentation des meules, qui convient à l'intensité de la puissance du moulin : il existe de même un pareil *maximum* de vitesse, pour les *tarares* et les *bluttoirs*, lequel, dans un temps donné, leur fait produire le plus d'ouvrage, exécuté de la meilleure manière possible.

3° Il existe encore un *maximum*, pour le degré de perfection et d'économie que l'on peut apporter dans le mode de transformation du grain en farine, afin de faire rendre au moulin le plus grand profit possible par jour ou par semaine ; ce *maximum* change continuellement avec le prix des marchés, tellement que ce qui donnerait de grands profits à une époque, ferait perdre de l'argent à une autre. Voyez § 113.

4°. Il existe enfin un *maximum* de poids pour les maillets, les arbres, les charriots, etc., relatifs à la force qui doit les mettre en mouvement.

Il faut apporter une véritable attention aux principes des *maximums*, pour éviter de tomber dans bien des erreurs préjudiciables.

### § 45. DES LOIS DE L'ÉCOULEMENT DES LIQUIDES.

Nous allons nous occuper maintenant des parties de l'hydraulique, qui se rapportent immédiatement à l'objet que nous avons en vue, c'est-à-dire de tout ce qui peut nous faire comprendre plus facilement les principes de l'action et de la force de l'eau agissant sur les roues hydrauliques des moulins, et la manière dont cette eau doit leur être appliquée.

L'écoulement des liquides est soumis aux lois suivantes :

1[re] *loi*. Les vitesses et les puissances des liquides, quand leur écoulement a lieu sous la même pression ou sous des colonnes de liquide de hauteurs verticales égales, et par des orifices égaux, sont égales dans tous les cas (1).

2[e] *loi*. Leurs vitesses sous des pressions ou sous des colonnes ou hauteurs verticales de liquide différentes sont comme les racines carrées de ces pressions ou hauteurs de liquide, et ces hauteurs verticales ou pressions sont proportionnelles aux carrés des vitesses d'écoulement (2).

3[e] *loi*. Les quantités de liquide écoulées par des ouvertures de vanne égales, et en temps égaux, sous des pressions ou colonnes de liquide inégales, sont proportionnelles aux vitesses simples de l'écoulement (3).

4[e] *loi*. Les pressions, colonnes ou hauteurs de liquide étant

(1) Il est peu important que l'eau s'étende verticalement ou suivant une direction inclinée au-dessus de l'ouverture de la vanne, pourvu que sa hauteur verticale soit la même ; il importe peu encore que la quantité d'eau, en amont de cette vanne, soit ou non volumineuse, pourvu qu'elle suffise pour maintenir ce liquide à la même hauteur, pendant l'écoulement.

(2) Cette loi est semblable à la 2[e] loi de la chute des corps, leur vitesse étant comme la racine carrée des espaces parcourus, et on sait, par expérience, que l'eau jaillira sous la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet*, avec la vitesse de 16,2 *feet* par seconde, et sous la pression d'une colonne de 16 *feet*, avec la vitesse de 32,4 *feet* par seconde, qui n'est que le double de la précédente, quoique la pression soit ici quadruple. Ainsi nous pouvons trouver la vitesse de l'eau qui s'écoule sous la pression d'une colonne d'eau de hauteur quelconque ; car on voit que 2, racine carrée de la hauteur 4 de la petite colonne d'eau, est à 16,2, vitesse due à la pression de cette colonne, comme 4, racine carrée de la hauteur 16 de la grande colonne, est à 32,4, vitesse due à la pression de cette colonne. Nous pouvons, à l'aide d'une proportion semblable, trouver la hauteur de la colonne d'eau qui produira une vitesse quelconque donnée, et réciproquement.

(3) Il est évident qu'une vitesse double donne une quantité double d'eau.

Digitized by Google

les mêmes, les effets sont proportionnels aux quantités de liquide dépensées (1).

5e *loi.* Les quantités de liquide dépensées étant les mêmes, leurs effets sont comme les pressions ou hauteurs des colonnes de liquide sur l'orifice d'écoulement (2).

6e *loi.* Les forces instantanées des liquides s'écoulant par des ouvertures de vanne égales, sont comme les carrés de leurs vitesses, ou comme les hauteurs verticales des colonnes de liquide sous lesquelles ils s'écoulent.

7e *loi.* Leurs effets sont proportionnels aux quantités écoulées, multipliées par les carrés de leurs vitesses (3). Voy. § 46.

8e *loi.* Ainsi les effets ou puissances des liquides, quand les ouvertures de vanne sont égales, suivent la proportion des vitesses d'écoulement (4).

(1) Si les pressions sont égales, les vitesses doivent être égales, et il est évident qu'une quantité double d'eau, animée d'une vitesse égale, produira un effet double.

(2) C'est-à-dire, si nous supposons que 16 *feet* cubes d'eau s'écoulent par seconde, sous la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet* de hauteur, et que la même quantité d'eau s'écoule sous la pression d'une colonne d'eau de 16 *feet* de hauteur et dans le même temps, alors les effets seront comme 4 est à 16. Mais nous devons remarquer que l'ouverture de vanne, dans le dernier cas, ne devra avoir que la moitié de l'aire de celle du premier, parce que la vitesse sera double.

(3) Ceci est évident, si l'on considère qu'une impulsion quadruple est nécessaire pour produire une vitesse double, selon la 2e loi, ou que les vitesses sont proportionnelles aux racines carrées des hauteurs des colonnes d'eau. Ainsi les effets doivent être comme les racines carrées des vitesses.

(4) Les effets du choc des liquides qui s'écoulent par des ouvertures de vanne égales, sont comme les cubes de leurs vitesses, par les raisons suivantes : d'abord si la même quantité d'eau choque avec une vitesse double, son effet est quadruple, selon la 7e loi, et comme une vitesse double dépense une quantité double d'eau, selon la 3e loi, on voit que l'effet augmente

9e *loi.* La vitesse d'un liquide, s'écoulant sous une colonne ou hauteur verticale quelconque de ce liquide lui-même, est égale à la vitesse qu'acquerrait un corps grave, en tombant de la même hauteur (1).

10e *loi.* Cette vitesse d'écoulement, due à une colonne ou hauteur verticale quelconque de liquide, est égale à la vitesse dont un corps devrait être animé, pour parcourir un espace égal au double de la hauteur de liquide mentionnée, durant le temps qu'un corps grave mettrait à décrire une chute égale à cette même hauteur de liquide (2).

en propórtion du cube de la vitesse. La théorie des roues en dessous s'accorde aussi avec cette loi.

*Echelle fondée sur les 3e, 6e et 7e lois, et montrant les effets du choc des liquides animés de diverses vitesses.*

| Ouverture de vanne. | Vitesse d'écoulement. | Quantité d'eau écoulée. | Carré de la vitesse d'écoulement. | Effet produit. | Cubes des vitesses d'écoulement. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 2 | 4 | 8 | 8 |
| 1 | 3 | 3 | 9 | 27 | 27 |
| 1 | 4 | 4 | 16 | 64 | 64 |

(1) Un corps qui tombe est soumis à la force entière de sa gravité pendant toute sa chute, et la somme totale de cette action, qui est acquise quand il arrive au point le plus bas de sa chute, est égale à la pression de la colonne entière ou hauteur verticale d'eau au-dessus de l'orifice ; c'est pourquoi les vitesses sont égales.

(2) C'est-à-dire qu'un liquide réagit contre le réservoir, avec la même force qu'il a mise à en sortir et à frapper un obstacle. C'est sur ce principe

Digitized by Google

11[e] *loi.* L'action et la réaction des liquides sont égales entre elles (1).

12[e] *loi.* Les liquides étant non élastiques, ils ne communiquent, par impulsion, aux obstacles qu'ils rencontrent, que la moitié de leur force réelle; mais ils produisent, par leur gravité, des effets comparables à ceux des corps, soit durs, soit élastiques.

## § 46. DÉMONSTRATION DE LA SEPTIÈME LOI, RELATIVE A L'EFFET DU CHOC DES LIQUIDES.

Supposons que l'on subdivise une chute ou colonne d'eau de 16 *feet* de hauteur, par exemple, en quatre portions égales de 4 *feet* chacune.

On sait maintenant que la vitesse d'écoulement sous la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet* est de 16,2 *feet* par seconde, je dis 16 *feet* pour éviter les fractions; de sorte qu'il s'écoulera 16 *feet* cubes d'eau par seconde; et si, pour avoir des nombres ronds, nous représentons, par l'unité, la masse d'un *foot* cube d'eau, alors, d'après la 7[e] loi, l'effet sera comme cette masse multipliée par le carré de la vitesse. Ce carré est égal à $16 \times 16$ ou 256, nombre qui, étant multiplié par 16, masse d'eau écoulée en une seconde, donne 4096 pour l'effet partiel de chaque chute de 4 *feet;* et alors 4096, multiplié par 4 ou 16384, exprime la somme des effets des quatre chutes partielles considérées.

d'action qu'est fondé le moulin de *Barker*, et tous ceux que l'on a perfectionnés d'après lui.

(1) Quand des corps non élastiques frappent un obstacle, la moitié de leur force est dépensée dans une direction latérale, tant pour changer leur forme qu'en réjaillissement, voyez § 8. Faute de bien considérer ou de bien connaître ce principe, on a commis de nombreuses erreurs en faisant agir l'eau par impulsion, quand elle aurait pu produire un effet double par sa gravité.

Mais comme la vitesse d'écoulement sous une colonne de 16 *feet* est de 32,4 *feet*, ou seulement 32 *feet*, pour éviter les fractions, l'ouverture de vanne ne devra être ici que la moitié de celle que nous avons supposée dans le calcul précédent, pour donner les 16 *feet* cubes d'eau par seconde, comme auparavant; parce que la vitesse actuelle est double. Ainsi, pour trouver l'effet, multipliez 32 par 32, et vous aurez un produit égal à 1024, lequel, multiplié par la masse 16, donne pour l'effet 16384, nombre égal à la somme des effets des quatre chutes partielles de 4 *feet*; ce qui s'accorde avec la pratique et l'expérience des meilleurs maîtres.

Mais si les effets étaient seulement proportionnels aux vitesses simples, alors l'effet de chaque chute de 4 *feet* serait exprimé par 16 fois 16 ou 256, dont le quadruple 1024, représenterait la somme des effets des quatre chutes de 4 *feet*, tandis que l'effet de la chute totale de 16 *feet* serait, dans cette hypothèse, égal à 16 × 32, ou à 512; ce nombre n'est que la moitié de celui qui exprime l'effet de la même chute ou colonne d'eau partagée en quatre parties, ce qui est contraire à l'expérience et à la raison.

Supposons encore qu'un corps, dont la masse est 16, soit parfaitement élastique et tombe d'une hauteur de 16 *feet*, pour frapper un plan aussi parfaitement élastique; d'après les lois de la chute des corps, il frappera ce plan avec une vitesse de 32 *feet* par seconde, et se relevera de 16 *feet*. Mais si ce corps ne tombe que d'une hauteur de 4 *feet*, il frappera le plan avec une vitesse de 16 *feet* par seconde, et se relevera de 4 *feet*; ici, l'effet de la chute de 16 *feet* est quatre fois l'effet de la chute de 4 *feet*, parce que le corps s'élève à une hauteur quadruple.

Mais si nous regardions les momentums effectifs des chocs de ces corps, comme proportionnels à leurs vitesses simples, alors 16 multiplié par 32 donnerait 512 pour le momentum dû à une chute de 16 *feet*, et 16 multiplié par 16 fournirait 256,

dont le quadruple 1024 exprimerait la somme des momentums des chocs relatifs aux 16 *feet*, divisés en quatre chutes égales, ce qui est absurde. Tandis qu'en admettant que les momentums soient proportionnels aux carrés des vitesses, on trouvera que les effets sont égaux entre eux.

Il est encore évident que, quelle que soit l'impulsion ou la force qui imprime la vitesse à un corps, il est nécessaire, pour le réduire au repos, de lui opposer la même force ou résistance. Ainsi, si l'impulsion est comme le carré de la vitesse produite, la force ou résistance à opposer, sera aussi comme le carré de cette vitesse. Mais l'impulsion est comme le carré de la vitesse produite; ce qui est évident d'après cette considération. Supposons que nous plaçons un corps léger devant une vanne chargée de 4 *feet* d'eau; quand la vanne sera ouverte, l'eau s'élancera et chassera ce corps avec une vitesse de 16 *feet* par seconde, et si la colonne d'eau est augmentée et portée à 16 *feet* de hauteur, le corps partira avec 32 *feet* de vitesse par seconde. Alors le carré de 16, égal à 256, est au carré de 32, égal à 1024, comme 4 est à 16; ce qu'il fallait démontrer.

Pour comparer cette 7[e] loi avec la théorie des moulins en dessous, établie § 42, où il est démontré que la puissance est à l'effet qu'elle communique comme 3 est à 1, d'abord, selon cette 7[e] loi, la masse 32,4, indiquée par la *figure* 24, multipliée par 1049,76, carré de la vitesse, donne un produit égal à 34012,224, pour l'effet de la charge de 16 *feet* d'eau; de même la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet*, sur une ouverture de vanne égale à la précédente, fournit une masse d'eau égale à 16,2, laquelle, multipliée par 262,44, carré de la vitesse, donne le produit 4251,528, qui exprime l'effet d'une chute de 4 *feet*. Ici le rapport des effets est comme 8 à 1.

Maintenant, d'après la théorie qui indique qu'une roue en dessous doit élever le tiers de l'eau qui la met en mouvement, à la hauteur totale d'où cette eau est descendue, le tiers de 32,4, quantité d'eau, ou 10,8, multiplié par 16, ascension verticale, donne un produit égal à 172,8 pour l'effet d'une chute

d'eau de 16 *feet*, de même le tiers de 16,2, quantité d'eau, ou 5,4 multiplié par 4, ascension verticale, donne 21,6 pour l'effet d'une chute d'eau de 4 *feet* par la théorie; et encore ici le rapport des effets est celui de 8 à 1, car

| | |
|---|---|
| On a 34012,224, effet d'une chute d'eau de 16 *feet*; est à 4251,528, effet d'une chute d'eau de 4 *feet*, | selon la 7e loi, |
| Comme 172,8, effet d'une chute d'eau de 16 *feet*, est à 21,6 effet d'une chute d'eau de 4 *feet*, | selon la théorie. |

Les quantités d'eau étant égales, leurs effets sont en proportion directe de la hauteur des colonnes d'eau, d'après la cinquième loi, et en proportion des carrés de leurs vitesses, suivant la septième loi.

Il résulte de là que la théorie s'accorde avec les lois établies; je regarde cet accord comme une preuve qu'elle est bien fondée.

## § 47. APPLICATION DES LOIS DU MOUVEMENT AUX ROUES HYDRAULIQUES EN DESSOUS.

J'ai tracé la *fig.* 25 pour exposer brièvement et intelligiblement tant les idées que j'ai recueillies dans différens auteurs que le résultat de mon propre examen des lois du mouvement et de l'écoulement des fluides appliqués à mouvoir les moulins en dessous.

Considérons deux roues en dessous, une de 12 *feet* et l'autre de 24 *feet* de rayon, la circonférence de la plus grande sera le double de celle de la plus petite. Supposons que *AM*, *CN*, sont deux retenues d'eau de 16 *feet* de hauteur chacune, alors :

1° Si nous ouvrons une vanne de 1 *foot* carré en *B*, pour faire sortir l'eau de la retenue *AM*, afin qu'elle agisse sur la petite roue en *I*, l'eau étant pressée par une colonne de 4 *feet*, parcourra 16 *feet* par seconde, en négligeant les fractions. La force ou pression instantanée sur la vanne étant celle de 4 *feet*

cubes d'eau, il faudra opposer une résistance de 4 *feet* cubes d'eau de la retenue *CN*, pour arrêter la roue et la tenir en équilibre, si nous supposons que l'eau ne peut pas s'échapper, à moins que la roue ne soit mise en mouvement, de sorte que la non-élasticité n'occasionne la perte d'aucune force. Ici des quantités égales de matière animées de vitesses égales ont leurs momentums égaux.

2° Supposons encore que nous ouvrions une vanne de 1 *foot* carré au bas de la retenue *AM* et sous une charge de 16 *feet* d'eau, ce liquide frappera la grande roue en *K*, avec une vitesse de 32 *feet* par seconde : sa force ou pression instantanée étant mesurée par 16 *feet* cubes d'eau, il faudra, pour lui faire équilibre, lui opposer une résistance de 16 *feet* cubes d'eau de la retenue *CN*. Ici la pression ou force instantanée et la résistance sont quadruples de ce qu'elles étaient dans le cas précédent; mais la vitesse n'est que double. Dans ces deux cas, les forces et les résistances étant des masses d'eau égales animées de vitesses égales, leurs momentums sont égaux entre eux.

3° Supposons encore que la colonne d'eau *CN* soit augmentée et qu'elle s'élève jusqu'en *E*, à 16 *feet* au-dessus de *D*, si l'on ouvre, en ce point, une vanne de $\frac{1}{4}$ de *foot* carré, alors la pression instantanée sur l'aube *I* de la petite roue sera produite par 4 *feet* cubes d'eau, agissant sur $\frac{1}{4}$ d'un *foot* carré, lesquels balanceront exactement 4 *feet* cubes d'eau de la retenue *AM* pressant sur un *foot* carré de l'autre côté de l'aube *I*, et la roue sera en équilibre, en supposant toujours que l'eau ne peut pas s'échapper jusqu'à ce que la roue agisse; cependant la vitesse est de 32 *feet* par seconde pour l'une des vannes; et seulement de 16 *feet* pour l'autre. Les charges d'équilibre sont égales, conséquemment les charges au maximum de vitesse et d'effet seront aussi égales, mais leurs vitesses seront différentes.

Pour étudier leurs effets, supposons d'abord que la roue est mue par une colonne d'eau de 4 *feet*, que sa vitesse au maxi-

mum est la moitié de la vitesse 16 *feet*, de l'eau, et que sa charge est alors la moitié de sa plus grande charge, selon la théorie de *Waring*; cela étant, la vitesse $\frac{16}{2}$ multipliée par la charge $\frac{4}{2}$ donne 16 pour la valeur de l'effet de la chute de 4 *feet* avec la dépense de 16 *feet* cubes d'eau, parce que la vitesse de l'eau est 16 *feet*, et que l'aire de l'ouverture de la vanne est égale à 1 *foot* carré.

Supposons encore que la roue se meut sous l'action d'une colonne d'eau de 16 *feet*, et ensuite d'une ouverture de vanne de $\frac{1}{4}$ de *foot* carré, alors la moitié de la vitesse 32 *feet* multipliée par la moitié de la charge d'équilibre 4 donne 32 pour l'effet relatif à une dépense de 8 *feet* cubes d'eau, parce que la vitesse de l'eau est 32 *feet* et l'ouverture de vanne $\frac{1}{4}$ de *foot* carré.

Dans ces cas, les forces instantanées sont égales entre elles et à 4; mais l'une d'elles met en mouvement un corps deux fois moins lourd que le corps mu par l'autre; elle agit avec la vitesse 32, et produit un effet 32, tandis que l'autre force se meut avec la vitesse 16, et produit un effet 16; d'où il résulte qu'une double vitesse avec une pression instantanée égale, produit un effet double, ce qui paraît conforme à la théorie newtonienne. Dans ce sens, les momentums des corps en mouvement sont proportionnels aux masses multipliées par leurs vitesses simples, et ce sont les produits ainsi formés que j'appelle *momentums instantanés*.

Mais lorsque nous considérons que, dans les cas ci-dessus, c'est la quantité de matière mise en mouvement, ou la quantité d'eau dépensée, qui produit l'effet, nous trouvons que la masse 16 animée de la vitesse 16 produit un effet 16, tandis que la masse 8 animée de la vitesse 32 produit un effet 32. Ici, les effets sont comme les masses multipliées par les carrés de leurs vitesses; j'appelle *momentums effectifs* les produits formés de cette manière.

Si la quantité d'eau dépensée sous la pression de chaque colonne avait été égale, les effets auraient été 16 et 64, nom-

bres proportionnels aux carrés des vitesses relatives, 16 et 32.

4° Supposons encore que les deux roues sont montées sur un même arbre, et que l'ouverture de la vanne, pratiquée au bas de la retenue $AM$, est de $\frac{1}{8}$ de *foot* carré ; si la hauteur de la colonne d'eau $AM$ est de 16 *feet*, la pression instantanée sur l'ouverture de vanne sera produite par 2 *feet* cubes d'eau, et c'est sous cette pression que l'eau ira choquer la grande roue en $K$. Les 2 *feet* cubes d'eau mentionnés sont la moitié des 4 *feet* cubes d'eau, pression instantanée relative aux 16 *feet* cubes d'eau qui s'écoulent par l'ouverture de vanne de 1 *foot* carré, située en $B$, pour aller sous la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet* frapper la roue en $I$.

Mais la colonne de 16 *feet* agissant sur la grande roue, avec la pression instantanée 2, balancera la pression des 4 *feet* d'eau sur la petite, parce que le levier est double en longueur, et les roues seront en équilibre. Alors, selon la théorie de *Waring*, le plus grand poids de la colonne d'eau de 16 *feet* étant 2, la charge au maximum sera 1, et la vitesse de l'eau étant 32, la vitesse de la roue au maximum sera 16. Cela étant, la vitesse $16 \times 1$ donne 16 pour l'effet de la colonne d'eau de 16 *feet* et pour une ouverture de vanne de $\frac{1}{8}$ de *foot* carré. De même la plus grande charge de la colonne d'eau de 4 *feet* étant 4, la charge au maximum sera 2, et comme la vitesse de l'eau est 16, la vitesse de la roue devra être 8, et on aura de même $8 \times 2 = 16$ pour l'effet. Ici les effets sont égaux, et ces effets sont comme les pressions instantanées multipliées par les vitesses simples ; les résistances capables de les arrêter instantanément doivent leur être égales, et dans le même rapport.

Mais si l'on observe que, dans ces deux cas, la colonne d'eau de 4 *feet* produit une dépense de 16 *feet* cubes d'eau avec la vitesse 16 *feet*, et conduit à l'effet 16, tandis que la colonne d'eau de 16 *feet* ne dépense que 4 *feet* cubes d'eau, avec la vitesse 32, et produit l'effet 16, on verra que les effets sont comme les quantités d'eau dépensée multipliées par les carrés des vitesses d'écoulement.

Si, de plus, on considère que l'ouverture de vanne de $\frac{1}{8}$ de *foot* carré, avec la vitesse 32 *feet*, produit des effets égaux à ceux d'une ouverture de vanne de 1 *foot* carré, avec la vitesse 16 *feet*, il est évident que, si nous rendions les ouvertures de vanne égales, les effets seraient comme 8 est à 1, c'est-à-dire que les effets des fluides qui s'écoulent par des ouvertures égales sont comme les cubes de leurs vitesses, parce que leurs forces instantanées sont comme les carrés de ces vitesses, d'après la sixième loi. Si la force instantanée des corps durs est proportionnelle à leurs vitesses simples, et si leurs effets sont comme les carrés de ces mêmes vitesses, c'est qu'une vitesse double ne double pas la masse du corps solide qu'elle anime.

## § 48. PARADOXE HYDROSTATIQUE.

**La pression des liquides, en un de leurs points quelconque, est proportionnelle à leur hauteur verticale au-dessus de ce point, sans aucun égard pour la quantité de liquide ; et leur pression dirigée en haut est égale à leur pression dirigée vers le bas. En un mot, cette pression est la même autour de tous leurs points également distans de leur surface supérieure de niveau.**

**Dans un vase de forme cubique, dont les côtés et le fond sont égaux, la pression sur chaque côté est justement la moitié de la pression sur le fond. Ainsi, la somme des pressions sur le fond et sur les côtés est égale à trois fois la pression sur le fond.**

**Dans ce sens, on peut dire que les liquides agissent avec le triple de la force des solides. Les solides agissent seulement par leur gravité, et les liquides par la gravité et la pression réunies. Les solides agissent avec une force proportionnelle à leur quantité de matière; mais les liquides agissent avec une pression proportionnelle à leur hauteur verticale seulement.**

**Pour expliquer la loi suivant laquelle la pression des liquides est proportionnelle à leur hauteur verticale, supposons que**

*ABCD*, *fig.* 26, soit un vase fermé, de forme cubique, garni de tuyaux *GH*, *EF*, *CI*; supposons que le trou du même diamètre que celui du tuyau *GH* pratiqué en *G*, soit couvert avec un morceau de cuir souple, cloué de manière à tenir l'eau. Alors remplissons le vase avec de l'eau par le tuyau *EF*: ce liquide pressera le cuir en contre haut, le soulevera, lui donnera une forme convexe, et on verra qu'il est nécessaire, pour l'aplatir, de le charger d'un poids égal au poids de l'eau qui se serait rendue dans le tube *GH*. Si nous adaptons un tube de verre sur le trou *G*, et si nous y versons de l'eau, nous trouverons que l'eau, dans ce tube, doit s'élever à la même hauteur que celle du tube *EF*, pour que le cuir s'aplatisse, et cela, quand bien même le tube de verre serait d'un autre diamètre que celui *EF*. Cela démontre que la pression vers le haut est égale à celle vers le bas, et que le liquide intérieur presse contre le cuir, avec tout le poids du liquide renfermé dans le tube *GH*. Si nous remplissons le vase par le tube *IC*, l'eau s'élevera dans le tube *GH*, à la hauteur où elle se trouve dans *CI*, la pression devant être dans tous les points du vase la même que s'il eût été rempli par le tube *GH*, et la pression sur le fond du vase sera la même, soit que ce tube ait la même base que ce vase lui-même, soit qu'il n'ait seulement qu'un quart de pouce de diamètre. Supposons que *GH* ait $\frac{1}{4}$ de pouce de diamètre, et que le dessus du vase soit fait de cuir comme en *G*, si nous versons de l'eau par *GH*, cette eau pressera le cuir et le soulevera avec une force telle, qu'il faudra, pour l'aplatir, une colonne d'eau de même base que le vase et de la hauteur de *GH*, ce qu'il fallait démontrer.

## § 49. OBSERVATIONS SUR L'ÉCOULEMENT DES LIQUIDES.

Supposons encore que nous perçons dans le vase deux trous de même diamètre, savoir : un trou tout près du fond, et l'autre dans ce fond lui-même; l'eau sortira par chacune de

ces ouvertures avec la même vitesse; ce qui peut être vérifié en plaçant sous chacune d'elles des vases de même capacité, que l'eau remplira en temps égaux. Cela montre que la pression du liquide sur les côtés et sur le fond du vase est la même à profondeurs égales sous la surface. Cette vitesse sera la même, soit que le vase soit rempli par le tuyau *CI*, ou par celui *GH*, ou encore par un tube de la grosseur du vaisseau, pourvu que la hauteur verticale de l'eau soit constante dans tous les cas.

D'après ce qui a été dit, il paraît qu'il est peu important, pour la puissance de l'eau appliquée aux roues de moulin, que ce liquide y soit amené dans un canal ouvert, par une retenue, soit verticale, soit inclinée, ou sous terre dans une conduite couverte, d'une forme qui convienne le mieux à la localité et aux circonstances, pourvu que la section de cette conduite soit telle que l'écoulement de l'eau ne fasse pas baisser le niveau supérieur du liquide.

Le principe du paradoxe hydrostatique se réalise quelquefois, dans les moulins en dessous ; l'eau, en pressant contre le revers des aubes, détruit ou contrarie une grande partie de sa propre force d'impulsion. Voyez § 59.

## § 50. CALCUL DE LA PRESSION DES LIQUIDES SUR LES PAROIS DES VASES QUI LES CONTIENNENT.

On a trouvé par expérience que le poids d'un *foot* cube d'eau est de 1,000 *ounces avoirdupoids*, ou 62,5 *pounds*. Le théorême suivant est basé sur les principes expliqués dans les § 48 et § 49.

*Théorême* I. L'aire de la base ou de toute autre partie de la paroi d'un vase, de quelque forme qu'il soit, multipliée par la plus grande hauteur verticale du liquide au-dessus du centre de cette base ou de cette portion de paroi, quelle qu'en soit la position relativement à l'horizon, donne un produit qui

exprime la pression sur le fond dudit vase ou sur la portion de paroi, considérés.

*Problème* I. Étant donnée la longueur 6 *feet* des arêtes d'un vase cubique, on demande quelle pression a lieu sur le fond du vase, quand il est rempli d'eau.

Alors 6 $\times$ 6 = 36 *feet* carrés est l'aire de la base, qui, multipliée par la hauteur 6 *feet*, donne 216 pour le nombre de *feet* cubes d'eau qui pressent sur le fond ; ce nombre étant multiplié par 62,5 fournit 13500 *pounds*, pour la valeur de la pression totale sur le fond du vase.

*Problème* II. Étant donnée la hauteur 31,5 *feet* de l'eau contenue dans un tube rectangulaire dont les dimensions de la base sont au fond, 3 *feet* sur 3 *feet*, dans l'intérieur, on demande la pression de l'eau sur 3 *feet* de haut de l'un de ses côtés, et à partir du fond.

Alors 3 $\times$ 3 = 9 *feet* carrés est l'aire de la portion de paroi verticale proposée, laquelle étant multipliée par 30 *feet*, hauteur verticale de la colonne d'eau au-dessous du milieu de la hauteur des 3 *feet* de paroi, donne 270 *feet* cubes d'eau, qui exercent ainsi une pression de 62,5 $\times$ 270 ou de 16875 *pounds*. Cette pression sur un *yard* carré de paroi, fait voir quelle grande résistance il est nécessaire d'opposer à l'eau, pour la contenir sous la pression d'aussi grandes colonnes.

## § 51. RÈGLE POUR TROUVER LA VITESSE D'ÉCOULEMENT DE L'EAU.

**L'expérience a démontré que l'eau s'écoule sous la pression d'une colonne d'eau de 4 *feet* de hauteur, avec une vitesse égale à 16,2 *feet* par seconde, et sous une colonne de 16 *feet* avec une vitesse de 32,4 *feet* par seconde.**

**Le théorême suivant, ou règle générale pour trouver la vitesse de l'eau s'écoulant sous la pression d'une colonne d'eau donnée, repose sur ces expériences et sur la deuxième loi de l'écoulement des liquides.**

*Théorême* II. La racine carrée 2 de hauteur 4 *feet*, d'une colonne d'eau, est à 16,2 *feet*, vitesse de l'eau qui s'écoule sous la pression de cette colonne, comme la racine carrée de la hauteur de toute autre colonne, exprimée aussi en *feet*, est à la vitesse d'écoulement de l'eau correspondante.

*Problême* I. On demande la vitesse de l'eau qui s'écoule sous la pression d'une colonne d'eau de 16 *feet?*

Dans ce cas, on a toujours la proportion, 2 est à 16,2 *feet*, comme la racine carrée de 16, c'est-à-dire 4, est à un quatrième terme 32,4 *feet*, qui exprime ainsi la vitesse de l'eau sous la pression de 16 *feet*, proposée.

*Problême* II. On demande la vitesse de l'eau qui s'écoule sous la pression d'une colonne d'eau de 11 *feet*.

Alors $2 : 16{,}2 :: \sqrt{11}$ ou $3{,}316 : 26{,}73$ *feet*, vitesse cherchée par seconde.

## § 52. RÈGLE POUR TROUVER L'EFFET DE L'EAU S'ÉCOULANT PAR UNE OUVERTURE DE VANNE DONNÉE, SUR UNE ROUE EN DESSOUS.

On déduit des lois de l'écoulement des liquides, théorême I et II, § 42, de la théorie pour trouver la charge et la vitesse maximum des roues en dessous, et du principe de la non élasticité, le théorême suivant, pour déterminer l'effet que l'eau qui s'écoule par une ouverture de vanne quelconque, sous une colonne d'eau donnée, produit sur la roue d'un moulin en dessous.

*Théorême* III. Calculez par le théorême I, § 50, la pression instantanée de l'eau, c'est-à-dire, la charge d'équilibre, dont les $\frac{2}{5}$ sont la charge au maximum, qui étant multipliée par les 0,577 de la vitesse de l'eau, s'écoulant sous la colonne d'eau donnée, et trouvée par le théorême II, fournit un produit qui exprime l'effet cherché.

*Problême*. Une vanne de 4 *feet* de large étant levée de

0,25 *feet*, sous la pression d'une colonne de 16 *feet*, on demande l'effet de l'eau par seconde, sur une roue en-dessous : la mesure de l'effet étant exprimée par la quantité d'eau multipliée par l'espace qu'elle parcourt ; c'est-à-dire par sa vitesse ou par son ascension verticale.

Alors, selon le théorème I, § 50, on a 4×0,25 ou 1 *foot* carré pour l'aire de l'ouverture de vanne, qui, étant multipliée par 16 *feet*, hauteur de la colonne d'eau, donne 16 pour le nombre de *feet* cubes d'eau qui pressent ; si, pour avoir des nombres ronds, nous prenons le poids du *foot* cube d'eau pour unité, et si nous nous rappelons que, quoique 32,4 *feet* cubes d'eau frappent la roue en-dessous, durant une seconde, cependant, à cause de la non-élasticité des liquides, la charge d'équilibre est seulement de 16 *feet* cubes, on aura, pour la charge au maximum, les $\frac{2}{3}$ de 16, c'est-à-dire 10,666.

Mais d'après le théorème II, § 51, la vitesse est 32,4 *feet* par seconde, dont les 0,577 donnent 18,71 *feet* pour la vitesse de la roue au maximum, en sorte que ce nombre étant multiplié par la charge 10,66, conduit à la valeur 199,4 de l'effet cherché.

Ceci s'accorde avec les observations de *Smeaton*, qui dit, § 67 : « Il est assez remarquable que, quoique la vitesse de la roue comparée avec la vitesse de l'eau en soit plus de $\frac{1}{3}$, cependant l'impulsion de ce liquide, dans le cas du maximum, est plus du double de celle indiquée par la théorie ; c'est-à-dire qu'au lieu des $\frac{4}{9}$ de la colonne, elle est presque égale à la colonne entière. » Je conclus de là que la non-élasticité n'influe pas assez, dans cette application, pour réduire la charge à moins des $\frac{2}{3}$. Et lorsque nous considérons que 32,4 *feet* cubes d'eau, ou qu'une colonne d'eau de 32,4 *feet* de longueur frappe la roue, pendant qu'elle parcourt seulement 18,71 *feet* par seconde : ou que la vitesse de la roue est à celle de l'eau, comme 577 est à 1000, ne serait-ce point là la raison pour laquelle la charge est juste les $\frac{2}{3}$ de la colonne d'eau dont la vanne est chargée, ce qui amène l'effet à être juste 0,38, ou un peu plus de $\frac{1}{3}$ de

la puissance. C'est ce que j'admets, parce que cela s'accorde avec l'expérience, quoiqu'il soit difficile d'en donner la véritable raison. Voyez la note du § 41.

Ainsi, les 0,577 de la vitesse de l'eau, c'est-à-dire 18,71 *feet*, multipliés par $\frac{2}{3}$ de 16, colonne entière ou pression instantanée sur la roue, § 50, c'est-à-dire par 10,66, donnent un produit 1944, qui est l'expression de l'effet. Il paraît que c'est là sa vraie valeur, et s'il en est ainsi, le véritable théorême sera le suivant.

*Théorême.* Trouvez par le théorême I, § 50, la pression instantanée de l'eau, et prenez-en les $\frac{2}{3}$ pour la charge maximum; multipliez cette charge par les 0,577 de la vitesse de l'eau, qui doivent être la vitesse de la roue, et le produit sera l'expression de l'effet cherché.

Ainsi 16 *feet* cubes ou la colonne d'eau, multipliée par 18,71 *feet*, vitesse de la roue, produit 199,4 pour l'expression de l'effet.

Si nous essayons des colonnes d'eau et des ouvertures de vanne différentes, nous trouverons que le rapport des effets entre eux sera conforme aux lois de l'écoulement des liquides.

## § 53. De l'eau appliquée aux roues pour agir par la gravité.

Lorsque les liquides sont appliqués aux roues hydrauliques, de manière à produire des effets mécaniques par leur gravité, ils agissent sur des principes différens; aussi produisent-ils des effets doubles de ceux auxquels donne lieu la percussion. Leur puissance est alors directement proportionnelle à leur quantité ou poids, multiplié par leur descente verticale.

*Démonstration.* Supposons que *DAB*, *fig.* 27, représente un levier pouvant pivoter autour de son point d'appui *A*, supposons encore que le grand bras *AB* de ce levier représente une descente verticale de 16 *feet*, et que le petit bras *AD* représente une descente verticale de 4 *feet:* imaginons que l'eau

sortant d'un réservoir *F*, au taux de 50 *pounds* par seconde, tombe dans les augets de la roue *FBC*, fixés au bout *B* du levier : il est évident, d'après les principes du levier, § 16, que 50 *pounds* par seconde, en *B*, feront équilibre à 200 *pounds* par seconde, sortant du réservoir *G* pour entrer dans les augets de la roue *GDI*, fixés sur le bout *D*, du petit bras du levier ; parce que $50 \times 16 = 4 \times 200 = 800$.

Cela paraîtra plus clair si nous supposons que, les diamètres verticaux *FC*, *GI* des deux roues, représentent respectivement les chutes de 16 et de 4 *feet*. D'après les lois du levier, § 16, il est démontré qu'il faut multiplier 50 par sa descente verticale ou espace parcouru, 16 *feet*, et multiplier 200 par sa descente verticale ou espace parcouru, 4 *feet*; mais on a $50 \times 16 = 200 \times 4 = 800$, c'est-à-dire que les puissances sont comme les quantités d'eau multipliées par leur descente verticale ; ou, en d'autres mots, une chute de 4 *feet* doit fournir 4 fois autant d'eau qu'une chute de 16 *feet*, pour produire des puissances et des effets égaux ; ce qu'il fallait démontrer.

Le théorème suivant, qui enseigne à mesurer la puissance d'un moulin en-dessus, ou d'une quantité quelconque d'eau agissant par sa gravité, sur une roue de moulin, est fondé sur les principes précédens.

*Thorême IV*. Faites couler l'eau dans un canal régulier, et multipliez sa largeur par la profondeur d'eau exprimée en *feet*, le produit indiquera le nombre de *feet* carrés, valeur de l'aire de la section transversale de l'eau ; multipliez ensuite ce produit par la vitesse de l'eau, par seconde, en *feet*; et ce deuxième produit exprimera le nombre de *feet* cubes d'eau écoulés durant une seconde, lequel, étant multiplié par 62,5 *pounds*, poids du *foot* cube d'eau, donnera pour produit le poids de l'eau qui tombe sur la roue pendant le même temps ; ce poids, multiplié enfin par sa chute verticale, fournira la véritable mesure de la puissance.

*Problême I*er. Etant donné un emplacement de moulin présentant une chute de 16 *feet*, et dont le canal a 5,333 *feet* de

largeur sur 3 *feet* de profondeur, la vitesse de l'eau étant de 2,03 *feet* par seconde, dans ce canal; on demande quelle est la puissance disponible par seconde ?

Alors on a 5,333×3=15,999 *feet* carrés pour l'aire de la section du courant, laquelle étant multipliée par la vitesse 2,03 *feet*, donne 32,4 *feet* cubes pour la quantité d'eau écoulée par seconde. Multipliant enfin cette quantité d'eau par 16 *feet*, descente verticale qu'elle parcourt, on a un produit 32,400, qui est l'expression de la puissance de l'emplacement par seconde.

*Problème II.* Etant donné, la chute verticale 18,3 *feet*, la largeur de l'ouverture de la vanne 2,66 *feet*, la hauteur 0,145 *feet* de cette ouverture, et la vitesse 15,75 *feet* par seconde de l'eau arrivant sur la roue, on demande la puissance?

Dans ce cas, 2,66×0,145=0,3857, valeur de l'aire de l'ouverture de vanne en *feet* carrés, multipliant par 15,76 *feet*, vitesse de l'eau, on obtient 6,178 *feet* cubes, ou 6,178×62,5=375,8 *pounds*, pour la quantité d'eau dépensée par seconde. En multipliant encore ce poids d'eau dépensé, par 18,3 *feet*, descente verticale à parcourir, on trouve le produit 6,877 pour la mesure de la puissance par seconde.

Cette force suffit pour moudre 3,75 *pounds* de blé par minute, ou 3,75 *bushels* par heure, avec une paire de meules de cinq *feet* de diamètre.

## § 54. Recherche des principes des moulins en-dessus.

Bien des personnes ont avancé, et beaucoup croient que l'eau est appliquée avec désavantage quand elle agit sur le principe des moulins en-dessus, parce que, disent-elles, il n'y a jamais plus de deux augets à la fois qui agissent comme il faut sur l'extrémité du levier, nom que l'on donne aux *embrassures* des roues, dans ces argumentations. Mais nous devons bien prendre en considération les lois du mouvement des corps qui descendent sur des plans inclinés ou sur des surfaces courbes. Voy.

§ 10 et § 11. Ce sujet sera éclairci si nous remarquons que la circonférence de la roue est une surface courbe, et que dans le fait, l'eau agit avec le plus d'avantage et produit des effets égaux à ceux qu'elle produirait, si toute sa masse agissait sur l'extrémité du levier, durant toute sa descente verticale (1).

*Démonstration.* Supposons que *ABCD*, *fig.* 28, représente une roue hydraulique, et *FH* la surface supérieure d'une colonne d'eau de 16 *feet.* Supposons encore que, *FG* et *HI* sont deux buses, le long desquelles l'eau descend sous des pressions égales, pour agir d'après le principe des roues en-dessous et en sortant par des ouvertures de vanne égales, sur les côtés opposés de la palette *C*, de la roue. Il est évident, par les principes d'hydrostatique démontrés § 48, et par la première loi de l'écoulement des liquides, § 45, que, les impulsions dues à l'eau de chaque buse seront égales entr'elles. Quoique l'une d'elles soit inclinée et que l'autre soit verticale, les forces sont égales, parce que les hauteurs de l'eau y sont les mêmes. Ainsi la roue restera en repos, parce que chaque côté de l'aube sera pressé par une colonne d'eau de base et de hauteur égales. Cela étant, supposons que nous remplaçons la buse inclinée *FG* par la buse circulaire *rxs*, embrassant un côté de la roue, et touchant le dehors des augets dont celle-ci est garnie. Il est évident, d'après les mêmes principes, que la roue sera tenue en équilibre, parce que les hauteurs verticales de liquide de chaque côté de l'aube *C*, sont égales entre elles; et en effet, quoique la buse circulaire ait plus de développement que la buse verticale, comme une partie du poids de l'eau presse sur la paroi inférieure de cette buse, la pression sur l'aube n'est due qu'à la hauteur verticale.

J'imagine encore que l'eau de la buse circulaire passe subitement dans les augets de la roue, il est évident que cette roue sera toujours tenue en équilibre; chaque auget supportera alors une partie de la colonne que l'aube *C* soutenait

(1) Cette erreur a fait commettre, dans l'application mécanique de l'eau, un grand nombre de fautes très-coûteuses.

auparavant: et cette partie du poids de la colonne circulaire, qui était supportée par la paroi inférieure de la buse *rxs*, agit maintenant sur les tourillons de la roue. Cela démontre que l'effet d'un courant appliqué à une roue en-dessus, est égal à l'effet du même courant appliqué à l'extrémité du levier pendant toute sa descente verticale, comme on voit que cela est dans le *chapelet* représenté par la *fig.* 29, où l'eau se jette dans des augets attachés à une courroie, ou à une chaîne sans fin, qu'elle fait tourner sur deux tambours.

Ici toute la force de la gravité de la colonne d'eau agit sur l'extrémité du levier pendant toute la descente; mais la hauteur de la colonne active n'est que de 16 *feet*, tandis que, sur une roue de 16 *feet* de diamètre, le développement de cette colonne est de 25,15 *feet;* circonstance qui rend les puissances égales.

Si nous divisons la demi-circonférence *ADC* de la roue *fig.* 28, en trois parties égales *Ab*, *be*, *eC*, la verticale des centres de gravité des arcs supérieur *Ab*, et inférieur *eC*, passera par le point *a*, distant de 3,9 *feet* de l'axe du mouvement, et le centre de gravité de l'arc du milieu *be* sera situé à 7,6 *feet* de ce même axe. Chacun de ces arcs a 8,38 *feet* de développement, d'où il résulte que, $8,38 \times 2 \times 3,9 = 65,36$, est le momentum des deux arcs extrêmes mentionnés, et que $8,38 \times 7,6 = 63,69$, est le momentum de l'arc du milieu *be;* de sorte que la somme 129,05 de ces deux momentums, sera la valeur du momentum de la colonne circulaire, selon les lois du levier. Si l'on calcule actuellement le momentum de la colonne d'eau verticale en multipliant son poids 16 par le rayon 8 *feet* de la roue, on trouve 128, d'où il paraît que, si nous pouvions déterminer exactement les points sur lesquels les arcs agissent, les momentums considérés seraient identiques. Cela montre que, la puissance de l'eau dans les roues hydrauliques en-dessus, est égale à toute la puissance que cette eau peut produire en agissant pendant toute sa descente verticale, diminué de ce qui peut être perdu, pour obtenir de la vitesse, § 41; pour

surmonter le frottement ; et à cause qu'une partie de l'eau sort des augets, avant qu'elle n'ait atteint le bas de la roue ; ce qu'il fallait démontrer.

J'ajouterai que j'ai fait l'expérience suivante : je fixai et centrai bien exactement une roue, sur des pivots faits avec le plus grand soin, afin d'éviter le frottement ; je pris ensuite du gros fil de fer bien cylindrique, dont je coupai un morceau de la longueur de la demi-circonférence de la roue ; je l'arquai convenablement et je l'attachai vers le bord de la roue dans toute sa longueur, comme on peut se le représenter en *CeDbA :* je pris alors un autre morceau du même fil de fer, de longueur égale au diamètre de la roue, je le suspendis en *B* du côté opposé à l'extrémité du levier, bras ou rayon de la roue, horizontal, et cette roue fut maintenue en équilibre ; ce qu'il fallait faire voir.

## § 55. DU FROTTEMENT DES LIQUIDES CONTRE LES BORDS DES OUVERTURES PAR LESQUELLES ILS S'ÉCOULENT.

Les lois de cette espèce de frottement paraissent être les suivantes :

1° Le frottement des liquides qui s'écoulent par des orifices circulaires, est à fort peu de chose près proportionnel aux diamètres de ces orifices, tandis que, la quantité d'eau dépensée suit le rapport des carrés de ces mêmes diamètres.

2° Le frottement des liquides contre les bords d'une ouverture régulière ou irrégulière, est à peu près proportionnel à la longueur du contour ou au périmètre de cette ouverture, et la quantité de liquide écoulée est proportionnelle à l'aire de cette même ouverture (1).

(1) Cela paraîtra plus clair, si nous considérons que le frottement retarde sensiblement la vitesse du liquide à une certaine distance, je dis un demi-pouce, à partir du bord de l'ouverture, vers le centre, et nous pouvons avec raison conclure que cette distance est à peu près la même dans une ouver-

3° Moins il y a de pression et plus l'ouverture est grande, moins le frottement est considérable; ainsi :

4° Le frottement est peu de chose dans les grandes ouvertures de vanne des moulins en-dessous, c'est-à-dire dans celles dont la plus petite dimension est de 2 à 15 pouces : mais il affecte très-sensiblement l'écoulement des eaux par de petites ouvertures des moulins en-dessous et en-dessus, lorsqu'une des dimensions est de 0,5 à 2 pouces (1).

## § 56. DE LA PRESSION DE L'AIR SUR LES LIQUIDES.

La pression de l'air sur la surface des liquides situés dans des réservoirs, est une seconde cause de leur mouvement ou de leur élévation. Cette pression est égale au poids d'une colonne d'eau de 33,333 *feet* de hauteur verticale, pression, hauteur ou colonne d'eau sous laquelle la vitesse de l'écoulement est de 46,73 *feet* par seconde.

Ainsi, si nous pouvions, par un moyen quelconque, nous opposer à la pression de l'atmosphère sur quelque partie de sa surface, cette eau jaillirait, dans toute l'étendue de cette portion

ture soit de 2, soit de 12 pouces; de sorte que, dans l'ouverture de 2 pouces un anneau d'un demi-pouce de largeur est sensiblement retardé, ce qui fait à peu près les $\frac{3}{4}$ de la surface totale, tandis que dans l'ouverture de 12 pouces l'anneau d'un demi-pouce de large, retardé, n'est à peu près que le $\frac{1}{6}$ de toute la surface.

(1) Ceci est prouvé par les expériences de *Smeaton*. Voyez la table, § 67, où la colonne d'eau n'ayant que 33 *inches*, et la petite vanne n'étant levée que jusqu'au premier trou, la vitesse ne fut que celle indiquée par la théorie, pour une colonne de 15,85 *inches*, appelée, par *Smeaton colonne virtuelle*; lorsque la vanne fut levée jusqu'au sixième trou, la colonne d'eau avait 6 *inches*, et la colonne virtuelle fut trouvée de 5,33 *inches*. Mais voyant qu'on n'a donné aucun théorême pour déterminer la quantité ou l'effet du frottement d'après la grandeur de l'orifice et la hauteur de la colonne d'écoulement, nous ne pouvons pas, par les lois hydrostatiques déjà établies, déterminer avec exactitude la vitesse ou la quantité d'eau qui s'écoule par une petite ouverture; ce qui fait que, la théorie n'est guère mieux, dans ce cas, qu'une conjecture.

de surface, avec une vitesse de 46,73 *feet* par seconde, et elle s'éleverait à la hauteur de 33,333 *feet*.

Tous les syphons et toutes les pompes qui élèvent l'eau par aspiration, agissent sur ce principe. La *fig.* 30 représente une barrique *B*, munie d'un syphon *SAC* partant de l'intérieur, pour s'élever jusqu'à 33,333 *feet* au-dessus de la surface de l'eau contenue dans cette barrique. Si le bouchon du trou de bonde est fait de manière à s'opposer au passage de l'air autour du syphon, de sorte qu'il n'en pénètre pas dans la barrique, que nous supposerons entièrement pleine d'eau, ainsi que le syphon; l'écoulement n'aura pas lieu quand on ouvrira le robinet *C*, parce que l'air extérieur ne peut point agir sur la surface de l'eau pour la forcer à s'élever dans la branche *SA* du syphon. Mais si on retire le bouchon *P* d'un second trou de bonde, de sorte que l'air puisse entrer dans la barrique et presser sur la surface de l'eau, alors l'écoulement de ce liquide s'établira sur-le-champ; parce que l'eau sera forcée de s'élever dans la courte branche *SA* du syphon, avec la même force et la même vitesse que, si elle était soumise à la pression d'une colonne d'eau de 33,333 *feet* de hauteur. Le mouvement de l'eau est déterminé par l'excès de hauteur de l'eau dans la longue branche *AC* du syphon, sur sa hauteur dans la branche courte *AS*, aboutissant à l'eau de la barrique. Si on laisse le liquide s'écouler jusqu'à ce que son niveau soit tellement baissé, que le coude *A* du syphon soit à 33,333 *feet* au-dessus du niveau mentionné, alors l'écoulement s'arrêtera, parce que le poids de l'eau dans le tuyau ascendant sera égal au poids de la colonne d'air de même grosseur et de la hauteur de l'atmosphère; l'eau ne sortira pas entièrement du tuyau *AC*, mais il y en restera une colonne de 33,333 *feet* au-dessus de l'ouverture *C* du tuyau *AC*, parce que l'air pressera par cette ouverture, avec une force qui balancera 33,333 *feet* d'eau dans le tuyau. Ceci aura lieu quand même la partie supérieure *A* du syphon aurait toute autre grosseur que ses orifices, et il y aura production d'un peu de vide en haut du coude.

## § 57. DES POMPES.

La *fig.* 31 représente la pompe ordinairement employée pour élever l'eau des puits. Le piston à soupape *A* est entouré d'une garniture de cuir qui fait ressort en dehors, et remplit si bien le tube ou corps de pompe que, ni eau ni air ne peuvent passer autour de ce piston. Une soupape pareille à celle du piston est établie sur le bouchon *B*, fixé dans le corps de pompe, à une hauteur *BW*, au-dessous du niveau *W* de l'eau, moindre que 33,333 *feet*. Supposant toute la pompe remplie d'eau, il est clair que, si le levier *L* est mis en action, pendant la course descendante du piston, la soupape *B* reste fermée, tandis que celle *A* s'ouvre, et permet à l'eau contenue dans le corps de pompe, au-dessus de la soupape fixe *B* de sortir, par suite de sa résistance à la compression. Quand le piston *A* monte, sa soupape se ferme et l'eau inférieure est élevée en passant par la soupape *B* qui, ne pouvant s'opposer au mouvement ascensionnel de l'eau, s'ouvre pour lui donner passage. Il y aurait production de vide entre les deux soupapes *A*, *B*, si le poids de l'air extérieur ne pressait pas sur la surface *W* de l'eau dans le puits, et ne la forçait point à s'élever et à passer par la soupape *B*, pour remplir l'espace *AB*. Si le piston *A*, quand il arrive au haut de sa course, se trouvait élevé à plus de 33,333 *feet* au-dessous de la surface *W* de l'eau dans le puits, la pompe ne fonctionnerait point, parce que la pression de l'atmosphère ne peut pas élever l'eau à plus de 33,333 *feet* de hauteur (1).

(1) Dans le fait, la distance entre la soupape du piston et la surface de l'eau dans le puits ne devra jamais excéder 24 ou 25 *feet*, autrement, soit par l'imperfection de sa construction, soit par d'autres causes, la pompe perdra l'eau et ne fonctionnera pas bien.

*Table pour les constructeurs de pompes.*

| Hauteur de la pompe, au-dessus de la surface de l'eau dans le puits, en *feet*. | Diamètre du trou du corps de pompe, en *inches* et décimales. | Quantité d'eau élevée par minute, exprimée en mesures pour le vin. | |
|---|---|---|---|
| | | *gallons.* | *pints.* |
| 10 | 6,93 | 81 | 6 |
| 15 | 5,66 | 54 | 4 |
| 20 | 4,90 | 40 | 7 |
| 25 | 4,38 | 32 | 6 |
| 30 | 4,00 | 27 | 2 |
| 35 | 3,70 | 23 | 3 |
| 40 | 3,46 | 20 | 3 |
| 45 | 3,27 | 18 | 1 |
| 50 | 3,10 | 16 | 3 |
| 55 | 2,95 | 14 | 7 |
| 60 | 2,84 | 23 | 5 |
| 65 | 2,72 | 12 | 4 |
| 70 | 2,62 | 11 | 5 |
| 75 | 2,53 | 10 | 7 |
| 80 | 2,45 | 10 | 2 |
| 85 | 2,38 | 9 | 5 |
| 90 | 2,31 | 9 | 1 |
| 95 | 2,25 | 8 | 5 |
| 100 | 2,19 | 8 | 1 |

« Toutes les pompes devraient être construites de manière à pouvoir être mues avec la même facilité, lorsqu'on élève de l'eau à une hauteur quelconque au-dessus de la surface d'uu puits ; ce qui peut être obtenu en observant des proportions convenables entre le diamètre de la partie du trou de corps de pompe où le piston agit, et la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée.

» J'ai calculé, pour cela, la table ci-dessus, dans laquelle le levier de la pompe est supposé quintupler l'effort de la puissance, c'est-à-dire que la distance ou la longueur de cette partie du levier, qui se trouve entre le boulon d'appui servant de pivot et le point où aboutit le haut de la tige de la pompe à laquelle il est fixé, ne doit être que le $\frac{1}{5}$ de la longueur du levier, comprise entre le boulon mentionné et l'endroit où l'homme qui manœuvre la pompe, applique sa force ou puissance.

» On voit, dans la 1re colonne de la table, la hauteur à laquelle la pompe doit livrer l'eau, au-dessus de la surface de l'eau du puits; dans la 2e colonne se trouve en *inches* et décimales, le diamètre de la partie du trou du corps de pompe où agit le piston; la 3e colonne indique, en *mesure de vin*, la quantité d'eau qu'un homme, de force ordinaire, peut élever par minute.

» En construisant les pompes d'après ces proportions, elles peuvent être manœuvrées par un homme de force ordinaire, pendant une heure de suite, quelle que soit la hauteur à laquelle l'eau doive être élevée. »

James Ferguson.

## § 58. Manière de conduire l'eau au travers les vallées et par-dessus les montagnes.

En mettant à profit la pression de l'atmosphère et celle de l'eau, on peut conduire ce liquide sur les montagnes et au travers des vallées, pour fournir aux besoins d'une ville, d'un moulin, d'une maison particulière. Supposons que *ABCDEF*, *fig.* 32, est un canal destiné à conduire l'eau à la roue d'un moulin ; supposons encore que la partie *BCDE* de ce canal est une *conduite* ou aqueduc souterrain. L'eau étant admise en *B*, descendra de *B* en *C*, pour couler dans la partie horizontale *CD*, et la pression de la colonne d'eau *BC* fera remonter ce liquide de *D* en *E*, au même niveau que *AB*.

L'eau peut être amenée par-dessus une montagne à franchir, à l'aide d'un tube ou conduite agissant sur le principe du syphon, *voy.* § 56.

Quelques personnes ayant eu à conduire l'eau d'alimentation d'un moulin par-dessous un obstacle, sont tombées dans une erreur à éviter. Elles ont fait la section de la partie *CD* du tube, plus étroite qu'elles ne l'auraient faite, si cet aqueduc eût dû être au niveau de *AB*, par la raison, disent ces personnes, qu'il doit passer une plus grande quantité d'eau par l'aqueduc souterrain *CD*, qu'il n'y en passerait, si cet aqueduc était au niveau de *AB*. Mais ces personnes ne considèrent pas que la pression de la colonne d'eau *BC* est balancée par celle de la colonne *DE*, de sorte que la vitesse d'écoulement par le tube *CD*, n'est réellement due qu'à la pression d'une colonne d'eau égale à l'excès de la hauteur verticale *BC* sur celle *ED*, voy. § 41, *fig.* 24. Lors donc que ces hauteurs sont égales entre elles, la section de l'aqueduc souterrain doit être aussi grande que s'il était au niveau de l'eau du canal.

## § 59. Différence de force des courans d'eau défini et indéfini, agissant par impulsion sur une roue.

*Définitions.* 1° Nous conviendrons d'appeler courant *indéfini*, une masse d'eau en mouvement, telle qu'une rivière, dont la section transversale est beaucoup plus étendue que l'aube de la roue ; de manière que, quand l'eau a frappé cette aube, ce liquide puisse se mouvoir ou s'échapper dans toutes les directions latérales.

2° Un courant *défini* sera pour nous, une masse d'eau sortant d'une ouverture de vanne donnée et coulant le long d'un guide, pour frapper les aubes d'une roue, si lorsque le liquide a frappé ces aubes, il a la liberté de s'échapper dans toutes les directions latérales.

3° Nous désignerons sous le nom de courant *entièrement défini*, une masse d'eau se mouvant dans un coursier tellement

construit que, quand l'eau a frappé l'aube, elle ne puisse pas s'échapper dans les directions latérales.

Premièrement. Lorsque l'aube d'une roue est frappée par un courant d'eau indéfini, elle est censée mue par une colonne d'eau, dont la section est égale à l'aire de l'aube; et comme cette colonne est environnée de toutes parts par l'eau du courant, animée d'un mouvement égal, elle ne peut point s'échapper librement de côté dans toutes les directions.

Secondement. L'aube étant frappée par un courant défini, qui peut s'échapper dans toutes les directions latérales, l'eau agit comme un corps parfaitement non-élastique; ainsi § 8, elle ne communique qu'une partie de sa force, l'autre partie est dépensée par le mouvement latéral. Il paraît donc que, lorsqu'on applique l'eau par impulsion, on devrait, autant que possible, disposer l'ouverture de la vanne près des aubes, et le coursier de manière à ce que ces aubes en étant embrassées, il empêche le plus possible l'eau de s'échapper de côté lorsqu'elle frappe la palette, en prenant garde, toutefois, de ne pas mettre en action le principe du paradoxe hydrostatique, § 48.

La portion de la force de l'eau, qui est dépensée en direction latérale, n'est pas encore bien déterminée, mais voy. § 8.

4° Un courant parfaitement défini qui frappe un plan, lui communique toute sa force, parce qu'il ne peut s'en échapper latéralement aucune partie; ce courant est égal en puissance à un corps élastique, ou au poids de l'eau agissant sur une roue en-dessus, durant toute sa descente verticale. Mais cette application de l'eau aux roues a été, jusqu'à présent, impraticable, parce que lorsque nous essayons d'empêcher totalement l'eau de s'échapper par côté, nous tombons dans le principe du paradoxe, ce qui s'oppose à notre projet (1).

Pour rendre ceci plus clair, considérons une roue hydraulique,

(1) Mais cette difficulté est maintenant vaincue par la roue à réaction. Voy. la note, § 73.

*fig.* 38, et supposons d'abord que l'eau lui est livrée par la buse *b*, pour agir par impulsion sur son aube *C*, avec la liberté de s'échapper de tous côtés après le choc; alors, suivant le § 8, l'eau ne communiquera que la moitié de sa force. Mais si cette eau est retenue sur les côtés et par-dessous la roue, de sorte qu'elle ne puisse s'échapper que vers le haut, ce à quoi sa gravité s'oppose en partie, elle communiquera plus de la moitié de sa force et ne réagira pas en arrière contre la palette *B*; mais si nous garnissons la roue, d'un tambour intérieur, pour empêcher que l'eau ne s'échappe par le haut, alors l'espace compris entre les aubes sera entièrement plein d'eau, la roue sera retardée et le principe du paradoxe, § 48, sera mis en action, c'est-à-dire que la pression de l'eau étant égale de toutes parts, elle pressera en arrière contre le devant de l'aube *B*, avec une force égale à sa pression en avant, sur le derrière de l'aube *C*, et la roue s'arrêtera de suite, restera en équilibre, et ne tournera plus, quoique la résistance soit écartée. Il existe bien des moulins où ce principe est mis en action, ce qui diminue de beaucoup leur puissance.

## § 60. DU MOUVEMENT DES ROUES DE COTÉ ET DES ROUES A AUGETS PAR-DERRIÈRE.

Beaucoup de personnes pensent que, lorsqu'on fait agir l'eau sur une roue hydraulique de côté, mais un peu plus bas que le niveau de l'axe, comme en *a*, par exemple, sous une pression de 12 *feet* d'eau, alors la chute de 4 *feet* au-dessous du point *a*, est entièrement perdue, parce que, disent-elles, l'impulsion d'une colonne de 12 *feet* exige que la roue tourne avec une vitesse qui convienne au mouvement de l'eau affluente, vitesse qui devance l'action de la gravité, et s'oppose à ce que l'eau puisse agir après le choc. Mais si l'on voulait bien considérer le mode d'agir de la gravité dans la chute des corps, § 9, on reconnaîtrait que, quelle que soit la vitesse initiale d'un

corps tombant, l'action de la gravité le fait encore aller plus vite; il en est toujours de même. Ainsi, quoiqu'une roue en-dessus se meuve en fuyant la puissance de la gravité de l'eau dont elle est chargée, cependant l'impulsion de ce liquide ne peut point lui donner une vitesse telle, que l'effet de la gravité de l'eau qui la sollicite puisse en être diminué (1).

Il paraît ainsi que, lorsqu'on ménage sur la vanne, une plus grande colonne d'eau que celle nécessaire pour bien projeter ce liquide dans la roue, l'impulsion doit être dirigée un peu en contre-bas, comme on la voit en *d*, et la roue est alors appelée *roue à augets par-derrière;* le ventre de cette roue devrait être couvert d'un tablier circulaire, pour empêcher l'eau de s'échapper avant d'être arrivée au bas de la chute. Si l'eau était projetée horizontalement sur le haut de la roue, l'impulsion, dans ce cas, ne donnerait pas à l'eau une plus grande vitesse en contre-bas, d'où il suit que la chute serait diminuée, si la colonne d'écoulement était très-grande; si la vitesse de la roue correspondait à la vitesse de l'impulsion, l'eau serait projetée hors des augets par la force centrifuge; et si l'on essayait de retarder la roue de manière à retenir l'eau, le moulin serait si difficile et si irrégulier, qu'il deviendrait impossible de le diriger.

Voilà la raison pour laquelle les roues de côté tournent ordinairement plus vite que les roues en-dessus, quoique la chute au-dessous de l'endroit où l'eau agit sur ces roues soit moins grande.

**1° En général, l'écoulement de l'eau dans les moulins de**

(1) Si l'action de la gravité pouvait être diminuée par une vitesse descendante, ou augmentée par une vitesse ascendante, une roue verticale sans frottement, soit des tourillons, soit contre l'air, demanderait une grande force pour continuer à se mouvoir, parce que sa vitesse diminuerait la gravité du côté qui descend et l'augmenterait du côté qui monte, ce qui arrêterait bientôt la roue, tandis qu'il ne faut pas d'autre puissance pour la faire continuer à tourner, que celle nécessaire pour surmonter le frottement des tourillons, etc.

côté, est ménagé sous la pression d'une colonne d'eau plus grande que dans les moulins en-dessus; et la roue de ces moulins approche de se mouvoir avec les deux tiers de la vitesse de l'eau affluente, § 41.

2° Si on laissait tomber l'eau librement, après qu'elle est sortie de l'ouverture de la vanne, sa vitesse serait accélérée par sa chute; de sorte qu'au point le plus bas elle égalerait la vitesse qu'elle aurait acquise, si elle s'écoulait sous la pression d'une colonne d'eau d'une hauteur égale à toute sa descente verticale. Cette accélération de la vitesse de l'eau tend à accélérer celle de la roue.

Pour trouver la vitesse d'une roue de côté, que l'eau frappe suivant une direction tangentielle, comme dans les fig. 31 et 32, je me sers du théorème qui suit :

*Théorème.* 1° Cherchez la différence de la vitesse de l'eau sous la pression de la colonne d'eau réservée au-dessus du point d'application de ce liquide sur la roue, et de la vitesse d'un corps qui tomberait le long de toute la descente verticale de l'eau.

Nommez cette différence accélération par la chute : et dites, la vitesse qu'un corps acquerrait en tombant de la hauteur du diamètre d'une roue en-dessus, est à la vitesse qui convient à cette roue, d'après l'échelle § 43, comme l'accélération de l'eau due à sa chute avant de frapper la roue, est à l'accélération de la roue, due à la chute que fait l'eau, après avoir frappé cette roue.

2° Déterminez la vitesse de l'eau affluant sur la roue.

Prenez les 0,577 de ladite vitesse, ajoutez-leur l'accélération de vitesse calculée, et la somme résultante sera la vitesse de la roue de côté.

Cette règle donnera un résultat à peu près juste, si la colonne d'écoulement est beaucoup plus grande que celle assignée dans l'échelle § 43; mais lorsque la hauteur de cette colonne approchera de celle indiquée dans l'échelle, cette règle conduira à un mouvement trop rapide.

*Exemple.* Étant donné une roue-de-côté sur-haussée, *fig.* 33, à laquelle l'eau est livrée en un point d'application *D*, un peu au-dessus de l'axe; sous une colonne d'écoulement de 6 *feet*, et sur une chute de 10 *feet*, on demande quelle vitesse de la circonférence de la roue correspond au travail le plus avantageux ou à l'effet maximum?

| | |
|---|---|
| La vitesse d'un corps tombant, quand il a parcouru une chute totale de 16 *feet*, est . . . . . . . . . | 32,4 *feet*. |
| La vitesse de l'eau affluant sur la roue, sous une colonne d'écoulement de 6 *feet*, est . . . . . . . . . | 19,34 |
| Différence . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 13,06 *feet*. |

Alors la vitesse 32,4 *feet* relative à une chute de 16 *feet*, est à la vitesse 8,76 *feet* d'une roue en-dessus du diamètre de 16 *feet*, comme 13,06 *feet* sont à l'accélération de la vitesse relative à ce même diamètre, laquelle est 3,5 *feet*; si à ce nombre vous ajoutez les 0,577 de 19,34 *feet*, c'est-à-dire, 11,15 *feet*, vous aurez 14,65 *feet* par seconde, pour la vitesse de la roue-de-côté considérée.

## § 61. Règle pour calculer la puissance d'un emplacement quelconque de moulin.

La seule perte de puissance que l'on fasse en adoptant une trop grande colonne d'écoulement, lorsqu'on applique l'eau à une roue de moulin, vient de ce que cette colonne d'eau ne produit que la moitié de sa force. Ainsi en calculant la puissance de 16 *feet* cubes d'eau par seconde, d'après les différens modes d'application représentés par la *fig.* 25, nous devons ajouter la moitié de la hauteur de la colonne à la chute réservée, et regarder cette somme comme la descente verticale virtuelle. Alors, selon le théorème IV, § 53, multipliez le poids de l'eau dépensé durant une seconde, par sa descente verticale, et vous aurez la véritable mesure de sa puissance.

Mais si, pour simplifier, nous désignons par 1, chaque *foot*

cube d'eau, la règle énoncée se réduira à celle-ci; multipliez le nombre de *feet* cubes d'eau, dépensé durant une seconde, par la descente verticale, exprimée en *feet*, et le produit sera la véritable mesure cherchée de la puissance, par seconde.

Il est convenable que cette mesure ait un nom, je l'appellerai *cuboch*; ainsi 1 *foot* cube d'eau, multiplié par 1 *foot* de descente, sera 1 *cuboch* ou unité de force.

*Exemples*. 1° Étant donné 16 *feet* cubes d'eau par seconde, pour être employés par la percussion seulement, sous une colonne d'eau 16 *feet*, on demande la valeur de la puissance par seconde?

Alors 8 *feet*, moitié de 16 *feet*, hauteur de la colonne d'écoulement de l'eau, étant multipliés par les 16 *feet* cubes d'eau dépensés durant chaque seconde, donnent 128 *cubochs* pour la mesure de la puissance, aussi par seconde.

2° Étant donné 16 *feet* cubes d'eau par seconde, pour être appliqués à une roue de côté établie sur une chute de 4 *feet*, et sous une colonne d'écoulement de 12 *feet*, on demande la valeur de la puissance?

Alors, 6 *feet* moitié de 12 *feet*, hauteur de la colonne d'écoulement, étant ajoutés à 4 *feet*, chute restante, donnent pour somme 10 *feet*, lesquels étant multipliés par les 16 *feet* cubes d'eau dépensés par seconde, produisent 160 *cubochs* pour la valeur de la puissance durant ce même temps.

3° Étant donné 16 *feet* cubes d'eau par seconde, pour être appliqués à une roue à augets *par-derrière* ou roue *de-côté-surhaussée*, établie sur une chute de 10 *feet* et sous une colonne d'écoulement de 6 *feet*, on demande la valeur de la puissance?

Alors, 3 *feet* moitié de 6 *feet*, hauteur de la colonne d'écoulement, ajoutés avec les 10 *feet* de chute restante, donnent 13 *feet* qui, étant multipliés par les 16 *feet* cubes d'eau dépensés, produisent 208 *cubochs* pour la valeur de la puissance, par seconde.

4° Étant donné 16 *feet* cubes d'eau par seconde, pour être appliqués à une roue à *augets en-dessus*, établie sous une co-

lonne d'écoulement de 4 *feet* et sur une chute de 12 *feet*, on demande la valeur de la puissance?

Alors 2 *feet*, moitié de la hauteur 4 *feet* de la colonne d'écoulement, ajoutés aux 12 *feet* de chute, donnent 14 *feet*, de sorte qu'en multipliant par les 16 *feet* cubes d'eau dépensés, on trouve 224 *cubocts* pour la valeur de la puissance.

Les puissances d'un cours d'eau fournissant 16 *feet* cubes d'eau par seconde, sur une chute totale de 16 *feet*, peuvent donc être rapprochées de la manière suivante, d'après les différens modes d'application :

| | Colonne d'eau au-dessus du point d'application de l'eau sur la roue. | Partie restante de la chute, au-dessus du point d'application. | Puissance du cours d'eau. |
|---|---|---|---|
| | *feet.* | *feet.* | *cubocts.* |
| Roue à aubes ou en-dessous (*undershot*) (1) | 16 | 0 | 128 |
| Roue de côté (*half breast*, ou *low-breast*) | 12 | 4 | 160 |
| Roue de côté sur-haussée, ou roue à augets par-derrière (*high breast*, ou *pitch back*) | 6 | 10 | 208 |
| Roue à augets ou en-dessus (*overshot*) | 4 | 12 | 224 |
| *Idem.* | 2,5 | 13,5 | 263 |

(1) L'eau dépense sa force par percussion, sur la roue, dans un temps qui est proportionnel à l'intervalle compris entre les aubes, et à la différence de la vitesse de l'eau et de la roue.

Les derniers nombres, relatifs à une colonne d'écoulement suffisante pour bien lancer l'eau dans les augets, indiquent la meilleure application du cours d'eau. Voy. § 43.

D'après ces règles simples et celle donnée au § 43, pour proportionner la colonne d'écoulement à la chute, j'ai calculé la table ou échelle suivante, des différentes quantités d'eau qu'il faut dépenser par seconde, sur des descentes verticales différentes, pour produire une puissance assignée, afin de présenter à la fois le rapport d'augmentation, ou de décroissement de la masse d'eau à mesure que la descente verticale diminue ou augmente.

Si l'eau s'écoule avec une vitesse double de celle de la roue, elle dépensera toute sa force sur les aubes; pendant que l'eau parcourt deux intervalles des aubes, la roue en décrit un. Ainsi l'eau ne doit pas être retenue sur la roue plus que deux intervalles d'aubes, à partir de son point d'application.

Mais si la roue tourne avec les deux tiers de la vitesse de l'eau, alors, pendant que la roue décrit deux intervalles d'aubes, l'eau en parcourt trois, et elle dépense toute sa force; ainsi l'eau doit être retenue sur la roue, le long de trois intervalles d'aubes, après le point de contact.

Si on retient l'eau plus long-temps, elle refluera en arrière, réagira contre l'aube qui suit, et retardera le mouvement de la roue.

Digitized by Google

*Table montrant la quantité d'eau qu'il faut dépenser sur différentes chutes, pour produire, par sa gravité,* 112 cubochs *de puissance, force suffisante pour faire mouvoir une meule de* 5 feet *de diamètre, avec une vitesse d'environ* 97 *tours par minute, et pour lui faire moudre à peu près* 5 bushels *de blé dans une heure.*

| Descente virtuelle de l'eau, ou moitié de la hauteur de la colonne d'eau ménagée au-dessus du point d'application de l'eau, ajoutée avec la chute au-dessous de ce point. | Quantité d'eau qu'il faut dépenser par seconde. |
|---|---|
| *feet.* | *feet cubes.* |
| 1 | 112. |
| 2 | 56. |
| 3 | 37.3 |
| 4 | 28. |
| 5 | 22.4 |
| 6 | 18.6 |
| 7 | 16. |
| 8 | 14. |
| 9 | 12.4 |
| 10 | 11.2 |
| 11 | 10.2 |
| 12 | 9.33 |
| 13 | 8.6 |
| 14 | 8. |
| 15 | 7.46 |
| 16 | 7. |
| 17 | 6.58 |
| 18 | 6.22 |
| 19 | 5.99 |
| 20 | 5.6 |
| 21 | 5.33 |
| 22 | 5.1 |
| 23 | 4.87 |
| 24 | 4.66 |
| 25 | 4.48 |
| 26 | 4.3 |
| 27 | 4.15 |
| 28 | 4. |
| 29 | 3.86 |
| 30 | 3.73 |

## § 62. Comparaison de la théorie avec la pratique.

Je vais donner une table d'observations faites sur 18 moulins en activité, pris sur 50 que j'ai examinés, tant pour comparer la théorie avec la pratique, que pour déterminer la puissance nécessaire par chaque *foot* carré de la portion de la surface de la meule qui opère le *moulage*; mais j'énoncerai d'abord les théorêmes suivans :

1° Pour trouver la circonférence d'un cercle quelconque, telle que le pourtour d'une meule, d'après le diamètre, ou le diamètre d'un cercle par la circonférence,

Établissons la proportion 7 est à 22, comme le diamètre de la meule est à sa circonférence.

Ainsi, multipliez le diamètre par 22, et divisez le produit par 7, pour avoir la longueur de la circonférence.

Ou bien multipliez la circonférence par 7, et divisez le produit par 22, pour avoir la longueur du diamètre.

2° Pour trouver la surface ou aire d'un cercle, d'après son diamètre,

Posez cette proportion : le carré de 1 est à 0,7854, comme le carré du diamètre donné est à la surface ou aire cherchée.

Multipliez donc le carré du diamètre du cercle proposé par 0,7854 et vous aurez la surface de ce cercle.

S'il s'agit de trouver la surface d'une meule de moulin, il faut de l'aire, calculée comme il vient d'être dit, retrancher 1 *foot* carré pour la place de l'*œillard*.

3° Pour trouver la quantité de surface mise en contact, par suite du mouvement de rotation d'une meule de moulin,

Multipliez le carré de l'aire, par le nombre de révolutions de la meule, durant un temps donné, et le produit exprimera en *feet* carrés, la valeur de la surface des meules mise en contact pendant ce même temps.

Digitized by Google

*Observations sur la table d'expériences suivante.*

J'ai avancé dans le § 44 que la colonne d'eau au-dessus de la vanne d'écoulement d'une roue sur laquelle ce liquide agit par sa gravité, doit être telle, qu'elle force l'eau à entrer dans la roue avec une vitesse qui soit à celle de la roue, comme 3 est à 2. Comparons cette règle avec la table suivante d'expériences.

1re *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de la roue 12,9 *feet* par seconde; vitesse de la roue 8,2 *feet* par seconde, ce qui est un peu moins que les $\frac{2}{3}$ de la vitesse de l'eau. Cette roue recevait très-bien l'eau; elle est à Stanton, dans l'état de la Delaware.

2e *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de l'eau 11,17 *feet* par seconde; les $\frac{2}{3}$ de cette vitesse valent 7,44 *feet*, et la vitesse de la roue est de 8,5 *feet* par seconde. Cette roue recevait l'eau assez bien; elle est au même endroit que la précédente.

3e *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de l'eau 12,16 *feet* par seconde; vitesse de la roue 10,2 *feet*. Les dos des augets frappent l'eau affluente et en projettent une grande partie hors de la roue, avec production d'un bruit sourd. On laisse tourner cette roue trop vite; elle effectue ses révolutions en moins de temps que ma théorie ne l'indique; et est située à Brandywine, dans l'état de la Delaware.

4e *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de l'eau 14,4 *feet* par seconde; vitesse de la roue 9,3 *feet*, un peu moins que les $\frac{2}{3}$ de la vitesse de l'eau affluente. Cette roue reçoit très-bien l'eau et va un peu plus vite que la théorie ne l'indique, elle appartient à un très-bon moulin, situé dans le même endroit que ci-dessus.

6e *expérience.* Roue en-dessous. Vitesse de la roue chargée 16 et sans charge 24 révolutions par minute, ce qui confirme la

théorie du mouvement pour les roues en-dessous; voyez § 42.

7e *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de l'eau 15,97 *feet* par seconde; vitesse de la roue 7,8 *feet*; moins des $\frac{2}{3}$ de la vitesse de l'eau. Le mouvement est plus lent et la colonne d'écoulement moindre que ne l'indique la théorie. Le meunier disait que la roue allait trop lentement, et que le moulin travaillait mieux quand la colonne d'écoulement était beaucoup plus basse. Ce moulin est à Bush, comté de Hartford, dans le Maryland.

8e *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de l'eau 14,96 *feet* par seconde; vitesse de la roue 8,8 *feet*, ou moins des $\frac{2}{3}$, approchant la vitesse assignée par la théorie; mais la colonne d'écoulement est trop grande; la roue va mieux quand cette colonne est un peu plus basse; ce moulin passe pour le meilleur de Bush.

9e, 10e, 11e et 12e *expériences.* Roues en-dessous (*open*). Vitesse des roues lorsqu'elles sont chargées 20 et 40, et sans charge 28 et 56 révolutions par minute, ce qui est plus vite que ne veut la théorie pour le mouvement des moulins en-dessous. Les moulins d'*Ellicott*, près de Baltimore, dans le Maryland, servent à confirmer cette théorie.

14e *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de l'eau 16,2 *feet*, vitesse de la roue 9,1 *feet*; moins que les $\frac{2}{3}$ de celle de l'eau; révolutions de la meule, 114 par minute; la colonne d'écoulement est à peu près la même que suivant la théorie; la vitesse de la roue est moindre, et celle de la meule plus grande. Cela prouve que l'engrenage du moulin augmente trop la vitesse; la roue reçoit bien l'eau, et le moulin passe pour un des meilleurs; il est situé à Alexandria, dans la Virginie.

15e *expérience.* Roue en-dessous. Vitesse de l'eau 24,3 *feet* par seconde; vitesse de la roue 16,67 *feet*, plus des $\frac{2}{3}$ de la vitesse de l'eau. Il y a trois de ces moulins dans un même éta-

blissement à Richmond, en Virginie; ces moulins étant très-bons, ils confirment la théorie des roues en-dessous.

16[e] *expérience.* Roue en-dessous. Vitesse de l'eau 25,63 *feet* par seconde; vitesse de la roue 19,05 *feet*, ce qui est plus des $\frac{2}{3}$. Trois moulins pareils existent dans un même établissement à Pétersburg, en Virginie: ils sont réputés très-bons et confirment la théorie. Voyez § 43.

18[e] *expérience.* Roue en-dessus. Vitesse de l'eau 11,4 *feet* par seconde; vitesse de la roue 10,96 *feet*; c'est à peu près aussi vite que l'eau. Les dos des augets frappent l'eau affluente et en projettent une grande partie au-dehors de la roue; mais comme le mouvement de la meule est à peu près bien, tandis que le mouvement de la roue est plus rapide que la théorie ne l'indique, on voit que, l'engrenage du moulin n'augmente pas assez la vitesse : tout en confirmant la théorie. Voyez § 43.

J'ai admis dans la table suivante que le diamètre du cercle moyen d'une meule est égal aux $\frac{2}{3}$ du diamètre du cercle extérieur; ce qui n'est pas rigoureusement vrai. Pour que l'aire d'un cercle soit égale à la moitié de celle de tout autre cercle donné, son diamètre doit avoir les 0,707 du diamètre dudit cercle, ou à peu près les 0,7 ou les $\frac{2}{3}$ environ.

De là le théorème suivant, pour trouver le diamètre du véritable cercle moyen d'une meule quelconque.

*Théorême.* Multipliez le diamètre de la meule par 0,707, et le produit sera le diamètre du cercle moyen cherché.

*Exemple.* Soit donné le diamètre 5 pieds d'une meule, on demande le diamètre du cercle moyen, ou qui aura la moitié de la surface de cette meule.

Alors, $5 \times 0,707 = 3,535$ pieds expriment le diamètre du cercle moyen cherché.

## § 63. Autres observations sur la table qui suit.

La puissance moyenne employée pour faire tourner des meules de 5 *feet*, dans les expériences 1re, 7e, 14e, et 17e, est de 87,5 *cubochs;* le mouvement moyen de ces meules étant de 104 révolutions par minute, la vitesse de leur cercle moyen est de 18,37 *feet* par seconde; enfin la quantité moyenne de grain moulue, durant une minute, est 3,8 *pounds*, ce qui revient à 3,8 *bushels* par heure, d'où il suit que, la puissance moyenne employée, rapportée à la surface de la meule *courante*, est de 4,69 *cubochs* pour chaque *foot* carré et que, la surface mise en contact par le mouvement des meules, s'élève à 36582 *feet* carrés durant une minute. De là nous pouvons conclure, jusqu'à ce que nous ayons de meilleures observations.

1° Qu'une puissance de 87,5 *cubochs* par seconde, suffit pour faire effectuer à une meule de 5 *feet* de diamètre, 104 révolutions par minute, en lui faisant moudre 3,8 *bushels* de blé par heure;

2° Que chaque *foot* carré de la surface d'une meule *courante*, dont le cercle moyen est animé d'une vitesse de 18,37 *feet* par seconde, dépense une puissance de 4,69 *cubochs;*

3° Que pour 36582 *feet* carrés de surface mis en contact par suite de la rotation des meules, on peut attendre 3,8 *pounds* de mouture, quand ces meules, le grain, etc., sont en bon état et dans les conditions des expériences.

Digitized by Google

*Table d'expériences et d'observations faites sur dix-huit moulins en activité.*

| Numéro des observations. | Descente virtuelle ou effective de l'eau. | Hauteur de la colonne d'eau, au-dessus du centre de l'ouverture de la vanne. | Aire de l'ouverture de la vanne, diminuée de la contraction occasionnée par le frottement. | Vitesse de l'eau par seconde; suivant la théorie. | Eau dépensée par seconde, diminuée de l'effet de la contraction provenant du frottement. | Force dépensée par seconde, suivant le théorème § 6. | Diamètre de la roue hydraulique. | Nombre de révolutions par minute, durant le travail du moulin. | Nombre de révolutions par minute, quand il n'y a pas de blé sous la meule. | Vitesse de la circonférence de la roue par seconde. | Nombre de dents dans le grand rouet. | Nombre de fuseaux dans la lanterne de rencontre. | Nombre de dents dans le hérisson. | Nombre de fuseaux dans la petite lanterne. | Nombre de révolutions des meules, par minute. | Diamètre des meules. | Aire ou surface des meules. | Force nécessaire par chaque *foot* carré de surface. | Vitesse du cercle moyen des meules. | Surface mise en contact par les meules, durant une minute. | *Pounds* de blé moulus par minute, ou *bushels* de blé moulus par heure. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *feet.* | *feet.* | *feet carrés.* | *feet.* | *feet cubes.* | *cu-bochs* | *feet.* | | | *feet.* | | | | | | *feet.* | *feet carrés.* | *cu-bochs* | *feet.* | *feet carrés.* | |
| 1 | 20, | 2,67 | .... | 12,90 | 3,80 | 76 | 18, | 8, | .... | 8,20 | 88 | 27 | 54 | 15 | 99,7 | 5, | 18,63 | 4,10 | 17,30 | 34594 | 3,50 |
| 2 | 19,20 | 1,90 | 0,385 | 11,17 | 3,50 | 67 | 18, | 9, | .... | 8,50 | 88 | 22 | 48 | 14 | 129,8 | 4,250 | 13,13 | 4,34 | 18,50 | 21514 | 2,50 |
| 3 | 16,20 | 2,20 | 0,325 | 12,16 | .... | .... | 15, | 13, | .... | 10,20 | 72 | 24 | 44 | 14 | 122, | 4,165 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 24 | 44 | 14 | 122, | 4,665 | | | | | |
| 4 | 16,60 | 3,10 | .... | 14,40 | .... | .... | 15, | 12, | .... | 9,30 | 66 | 24 | 44 | 14 | 104, | 4,500 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 23 | 44 | 14 | 108, | 4,500 | .... | .... | 16,97 | | |
| 5 | 19,25 | 3, | .... | 13,80 | .... | .... | 17,75 | 10,5 | .... | 9,80 | 72 | 22 | 48 | 13 | 126, | 4,250 | .... | .... | 18,60 | | |
| 6 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 16, | 16, | 24 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 17,80 | 3,83 | 0,345 | 15,79 | 5,18 | 92 | 16,40 | 9,5 | .... | 7,80 | 78 | 22 | 44 | 14 | 105, | 5, | 18,65 | 4,90 | 18,32 | 36435 | 3,75 |
| 8 | 17,80 | 3,5 | 0,425 | 14,96 | 5,16 | 110 | 16,40 | 19, | .... | 8,80 | 72 | 22 | 44 | 14 | 103, | 5, | 18,63 | 5,90 | 17,92 | 45741 | |
| 9 | 11, | .... | .... | 26,73 | .... | .... | 15, | 20, | 28 | .... | 84 | .... | .... | 23 | 73, | 7, | 38,48 | .... | 17,84 | 108091 | |
| 10 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 7,50 | 40, | 56 | .... | 42 | .... | .... | 16 | 105, | 5, | .... | .... | 18,32 | 36435 | |
| 11 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 15, | 20, | 28 | .... | 84 | .... | .... | 16 | 105, | 4,834 | | | | | |
| 12 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 7,50 | 40, | 56 | .... | 42 | .... | .... | 16 | 105, | 5, | 18,65 | .... | 18,32 | 36435 | |
| 13 | 20,60 | 4, | .... | 16,20 | .... | .... | 18,60 | 8, | .... | 7,80 | 96 | 25 | 44 | 19 | 71, | 6,834 | 36,63 | .... | 16,92 | 95264 | |
| | | | | | | | | | | | | 24 | 44 | 46 | 88, | 5,500 | 23,76 | .... | 16,89 | 49678 | |
| 14 | 21,50 | 4, | .... | 16,20 | 3,57 | 86 | 19,30 | 9, | .... | 9,60 | 96 | 25 | 54 | 16 | 114, | 5, | 18,63 | 4,67 | 19,89 | 39558 | 5,50 |
| 15 | 9,50 | .... | .... | 24,30 | .... | .... | 10, | 32, | .... | 16,67 | 60 | .... | .... | 17 | 113, | 5,333 | .... | .... | 20,75 | | |
| 16 | 10, | .... | .... | 25,63 | .... | .... | 8, | 45,5 | .... | 19,05 | 44 | .... | .... | 21 | 95, | 6, | 28,38 | .... | 19,90 | 74850 | |
| 17 | 12,50 | 3, | 0,567 | 14, | 7,60 | 96 | 11, | 16, | .... | 9,20 | 66 | 23 | 44 | 14 | 103, | 5, | 18,63 | 5,15 | 17,97 | 55741 | 3,50 |
| 18 | .... | 2, | .... | 11,40 | .... | .... | 14, | 14, | .... | 10,96 | 72 | 26 | 48 | 15 | 124, | 4,333 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 26 | 48 | 16 | 116, | 4,666 | | | | | |

Dans les 3$^e$, 4$^e$, 13$^e$ et 18$^e$ expériences de la table ci-dessus, la roue hydraulique conduit deux paires de meules; les nombres relatifs à ces moulins sont embrassés par des accolades.

Comme il a été impossible, dans nos observations, d'atteindre à une exactitude mathématique, et parce qu'il est évident que toutes les meules des expériences rapportées ont travaillé avec trop peu de produit, puisqu'on sait qu'une paire de bonnes meules de 5 *feet* de diamètre, peuvent moudre suffisamment bien, 125 *bushels* de blé en 24 heures, ce qui revient à 5,2 *bushels* par heure : travail qui épuise une puissance de 6,4 *cubochs* par seconde; nous pouvons dire, pour simplifier, qu'une force de 6 *cubochs* par seconde, appliquée à mouvoir une meule de 5 *feet*, produit par heure le moulage de 5 *bushels* de blé.

De là nous déduirons le théorême suivant, pour déterminer tant les dimensions des meules appropriées à la puissance d'un emplacement de moulin donné, que la puissance nécessaire pour mettre en activité de travail une meule d'un diamètre quelconque.

*Théorême.* Connaissant ou ayant calculé la puissance d'un emplacement de moulin, en *cubochs*, par le théorême, § 61, divisez cette puissance par 6 *cubochs*, force qu'épuise chaque *foot* carré de meule, et le quotient exprimera en *feet* carrés la surface de la meule que la puissance pourra faire agir; à ce quotient, ajoutez 1 *foot* pour *l'œillard* de la meule, divisez ensuite par 0,7851, et le nouveau quotient exprimera le carré du diamètre cherché.

Ou, si la puissance est considérable, divisez-la par le produit de la surface d'une meule de la grandeur que vous aurez choisie, multipliée par 6, et le quotient indiquera le nombre de meules que la puissance pourra faire agir.

Si le diamètre de la meule est donné, multipliez la surface de cette meule par 6 *cubochs*, et le produit sera la valeur de la puissance nécessaire pour la faire travailler.

*Exemple :* Un emplacement de moulin jouissant de 9 *feet*

cubes d'eau par seconde, sur 12 *feet* de descente verticale virtuelle ou effective, on demande le diamètre de la meule qui convient à ces données?

D'abord, par la règle du § 61, on a $9 \times 12 = 108$ *cu-bochs* pour la valeur de la puissance disponible, et d'après le théorème, $\frac{108}{6} = 18$ *feet* carrés pour la surface de la meule : ainsi $18 + 1$ ou $\frac{19}{0,7854} = 24,2$ *feet* carrés, et la racine carrée *feet* de ce nombre exprime le diamètre de la meule, cherché.

Les vitesses des cercles moyens des meules mentionnées dans la table, sont quelquefois au-dessus, quelquefois au-dessous de 18 *feet* par seconde, et offrent un terme moyen d'environ 18 *feet*; d'où je conclus que, 18 *feet* par seconde est, en général, une bonne vitesse pour le cercle moyen d'une meule quelconque.

*De la quantité de surface mise en contact pendant le mouvement de meules de divers diamètres, animées de vitesses différentes.*

Supposant que, la quantité de blé moulue par les meules et que, la puissance nécessaire pour les faire mouvoir sont proportionnelles aux surfaces que ces meules mettent en contact pendant le moulage; chaque *foot* carré de la surface de la meule *courante* qui passe par-dessus un autre *foot* carré de la surface de la meule *gisante*, épuise une certaine force et moud une certaine quantité de blé. Pour expliquer cela, rappelons-nous d'abord que :

1° Les circonférences et les diamètres des cercles sont directement proportionnels; ainsi un diamètre double correspond à une circonférence double;

2° Les aires ou surfaces des cercles sont proportionnelles aux carrés des diamètres de ces cercles; ainsi à un diamètre double correspond une aire quadruple;

3° Le produit du carré du diamètre d'un cercle, multiplié par 0,7854, est la mesure de la surface de ce cercle;

4° Le carré de l'aire d'une meule, multiplié par le nombre de révolutions qu'elle effectue par minute, exprime l'étendue des surfaces qui ont été mises en contact durant ce temps; conséquemment :

5° Si les meules de différens diamètres tournent en temps égaux, les surfaces mises en contact, la quantité de blé moulue, et la puissance nécessaire pour faire agir ces meules, sont comme les carrés de leurs aires, ou comme les quatrièmes puissances de leurs diamètres; ainsi des meules d'un diamètre double du diamètre d'autres meules, mettront en contact seize fois autant de surface que ces dernières meules (1);

6° Si la vitesse des circonférences moyennes de deux meules est la même, les surfaces mises en contact, les quantités de blé moulues, et les puissances nécessaires pour faire mouvoir ces meules, sont comme les cubes de leurs diamètres (2);

7° Si les vitesses et les diamètres sont inégaux, les surfaces mises en contact, les quantités de blé moulues, etc., sont comme les carrés des surfaces de ces meules, multipliés par le nombre de leurs révolutions.

8° Si les diamètres des meules sont égaux entre eux, les surfaces mises en contact, etc., sont comme les vitesses ou comme le nombre de révolutions de ces meules.

Mais nous supposons toujours que, la théorie et la pratique s'accordent parfaitement, ce qui n'est point dans ce cas. La proportion indiquée par la théorie ne peut point s'appliquer, tant à la quantité de grain moulue, qu'à l'intensité de sa

(1) Les carrés des diamètres des deux meules de 4 et de 8 *feet*, étant multipliés par 0,7854 donnent respectivement pour les surfaces de ces meules, 12,56 et 50,24 *feet* carrés, les carrés 157,75 et 2504,24 de ces surfaces exprimant celles mises en contact, pendant chaque révolution des meules considérées, on voit qu'elles sont dans le rapport de 1 à 16.

(2) Parce qu'une meule de 8 pieds ne fera que la moitié des révolutions d'une meule de 4 pieds. Ainsi les surfaces mises en contact, etc., ne peuvent être que la moitié plus que dans le dernier cas, c'est-à-dire comme de 8 à 1.

puissance consommée, soit par de grandes meules, soit par de petites meules, parce que si la farine doit parcourir un plus grand trajet sous la meule, elle est travaillée plus long-temps, ce qui exige que le travail soit effectué plus légèrement, sans quoi la farine serait trop écrasée. Aussi peut-on faire moudre par des meules de grand diamètre, les mêmes quantités de blé que par de petites meules, et avec la même puissance, en employant une pression moindre, ce qui produit une farine de meilleure qualité (1). Voy. § 3.

De ces considérations, appuyées par des expériences, je conclurai que la puissance nécessaire pour faire mouvoir une meule, et que la quantité de blé moulue, sont à peu près comme l'aire ou surface des meules multipliée par la vitesse de leurs cercles moyens; ou, ce qui est à peu près de même, comme les carrés de leurs diamètres.

Mais si les vitesses de leurs cercles moyens, ou si leurs circonférences sont égales, alors ces quantités sont seulement comme des aires des meules.

Sur ces principes, j'ai calculé la table suivante qui indique, d'après la théorie, la puissance nécessaire pour faire travailler des meules données, et la quantité de blé moulue. Je pense que ces nombres approchent le plus possible des résultats que donne la pratique.

(1) Un auteur français, Ch. *Fabre*, dit avoir trouvé par expérience que, pour produire la meilleure farine, une meule de 5 pieds de diamètre devrait faire de 48 à 61 révolutions en une minute. Ce mouvement est beaucoup plus lent qu'on ne le pratique en Amérique; toutefois nous devons conclure qu'il vaut mieux s'écarter de la pratique ordinaire par un excès de lenteur que par un excès de vitesse, surtout quand la puissance n'est pas assez grande pour les dimensions de la meule.

*Table donnant les surfaces de meules de divers diamètres, et les forces nécessaires pour les maintenir en activité de travail, avec une vitesse moyenne de* 18 feet *par seconde, etc.*

| Diamètre des meules. | Aire ou surface de la meule, déduction faite de 1 *foot* carré pour l'œillard. | Circonférence du cercle moyen de la meule, ou dont la surface égale la moitié de celle de cette meule. | Nombre de révolutions de la meule par minute, la vitesse du cercle moyen étant de 18 *feet* par seconde. | Surfaces mises en contact durant une minute, ou produit du carré de la surface des meules multiplié par le nombre de leurs révolutions durant une minute. | Force nécessaire pour faire mouvoir la meule avec une vitesse moyenne de 18 *feet* par seconde, | | *Pounds* de blé moulus par minute, ou *bushels* de blé moulus par heure, en supposant le produit proportionnel, | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | à raison de 6 *cubochs* par *foot* carré de sa surface. | en la supposant proportionnelle à la surface mise en contact. | au nombre de *feet* carrés de surface mise en contact. | à l'aire de la meule pour des vitesses égales. | au carré du diamètre, ce qui paraît être plus près de la vraie quantité. |
| *feet.* | *feet* carrés. | *feet.* | | *feet* carrés. | *cubochs.* | *cubochs.* | | | |
| 3,50 | 8,62 | 7,777 | 138,8 | 10312 | 51,72 | 33,1 | 1,49 | 2,3 | 2,45 |
| 3,75 | 9,94 | | | | 59,94 | | | | 2,80 |
| 4, | 11,36 | 8,888 | 121,5 | 16236 | 69,36 | 52, | 2,30 | 3,1 | 3,20 |
| 4,25 | 13,18 | | | | 79 | | | | 3,60 |
| 4,50 | 14,90 | 9,990 | 108,1 | 23999 | 89,40 | 77, | 3,46 | 4, | 4,05 |
| 4,75 | 16,71 | | | | 100,26 | | | | 4,50 |
| 5, | 18,63 | 11,090 | 97,4 | 34804 | 111,78 | 111,78 | 5,00 | 5, | 5,00 |
| 5,25 | 20,64 | | | | 123,84 | | | | 5,53 |
| 5,50 | 22,76 | | | | 136,50 | | | | 6,05 |
| 5,75 | 24,96 | | | | 153,70 | | | | 6,60 |
| 6, | 27,27 | 13,370 | 80,7 | 60012 | 163,60 | 192, | 8,60 | 7,3 | 7,20 |
| 6,25 | 29,67 | | | | 178 | | | | 7,80 |
| 6,50 | 32,18 | | | | 196 | | | | 8,40 |
| 6,75 | 34,77 | | | | 208,60 | | | | 9,10 |
| 7, | 37,48 | 15,550 | 69,4 | 97499 | 225 | 313, | 14,06 | 10, | 9,80 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

*Nota.* On a déduit 1 *foot* carré pour l'*œillard* de chaque meule, et c'est cette déduction, indépendante des autres dimensions de la meule, qui fait que les quantités de blé moulues, inscrites dans les 8e et 9e colonnes, ne sont pas exactement proportionnelles, soit aux cubes, soit aux carrés des diamètres des meules.

Une machine à fabriquer le papier, dont le cylindre a 2 *feet* de diamètre, et 2 *feet* de long, et qui fait 160 révolutions durant une minute, demande, pour être mise en activité de travail, la même force qu'une meule de 4 *feet* de diamètre, moulant 5 *bushels* de blé par heure.

J'ai établi, soit ici, soit dans les § 61 et 62, une théorie, enseignant à mesurer la puissance d'un emplacement de moulin, et à déterminer la force nécessaire pour faire mouvoir des meules de différens diamètres : nous pourrons en déduire le diamètre des meules qui conviennent à la puissance de l'emplacement. J'ai fixé à 6 *cubochs* par seconde, la puissance épuisée par chaque *foot* carré de superficie de la meule, dont le cercle moyen, sous l'action de cette force, a une vitesse de 18 *feet* par seconde, lorsque l'alimentation, pendant le moulage, est modérée, mais suffisante. J'ai admis que, l'action du contact de 34804 *feet*, carrés de surface des meules, par minute, produit la mouture de 5 *pounds* de blé dans la même durée de temps, ce qui est l'effet d'une meule de 5 *feet* dans la table, d'après laquelle, si elle est exacte, nous pourrons calculer la quantité de blé que peut moudre une meule d'un diamètre quelconque, animée d'une vitesse donnée.

La vitesse de 18 *feet* par seconde, que j'ai choisie pour le cercle moyen de toutes les meules, est moindre que celle usitée dans la pratique ordinaire ; mais cette vitesse n'est pas assez lente pour empêcher de faire une bonne farine. Voy. § 111. Ici on voit l'avantage qu'ont les grandes meules sur les petites ; car si nous voulions faire moudre les petites meules aussi vite que les grandes, nous devrions leur donner une vitesse qui échaufferait la farine.

Le lecteur doit être averti que, les expériences desquelles j'ai déduit 6 *cubochs*, pour la quantité de puissance épuisée par chaque *foot* carré de superficie d'une meule, n'ont pas été suffisamment soignées pour faire foi ; mais il sera facile à tout

constructeur de moulins un peu ingénieux, de faire avec précision des expériences pour se satisfaire sur ce point (1).

## § 64. Des canaux qui conduisent l'eau aux moulins.

Quand on creuse des canaux, il ne faut pas perdre de vue que, l'eau s'y élèvera au niveau de sa surface en amont, quelle que soit la forme du fond du canal. L'aire de la section de ce canal, nécessaire pour conduire une quantité suffisante d'eau à un moulin, étant déterminée, on doit attentivement conserver cette aire dans toute l'étendue du canal, sans trop s'embarrasser, soit de sa largeur, soit de sa profondeur, et si l'on rencontre des rochers en route. On peut épargner bien des dépenses en augmentant la profondeur du canal, là où l'on ne peut pas le faire assez large, et en l'élargissant là où il ne peut pas être suffisamment creux. Supposons, par exemple, que la section est fixée à 4 pieds de profondeur et 6 pieds de large, ou que l'aire de cette section est de 24 pieds carrés, s'il se

(1) Depuis la publication de la première édition de cet ouvrage, j'ai appris que, par des expériences exactes, faites aux frais du gouvernement anglais, on s'est assuré que la puissance de 40,000 *feet* cubes d'eau, descendant de 1 *foot*, peut moudre et bluter 1 *bushel* de grain. Si cela est vrai, pour trouver la quantité de blé qu'un courant quelconque est capable de moudre par heure, il faut multiplier le nombre de *feet* cubes d'eau qu'il dépense durant une heure, par la descente virtuelle, c'est-à-dire, par la somme de la moitié de la colonne d'écoulement au-dessus de la roue, ajoutée à la chute au-dessous du point où l'eau entre dans une roue en-dessus, et diviser ensuite ce produit par 40,000 ; le quotient exprimera le nombre de *bushels* que le courant pourra moudre durant une heure.

*Exemple :* Supposez qu'un courant donne 32,000 *feet* cubes d'eau par heure, et que sa chute totale est de 19,28 *feet*, alors, d'après la table des moulins en-dessus, § 73, la roue devrait avoir 16 *feet* de diamètre, et la colonne d'écoulement au-dessus de la roue 3,28 *feet*. Ainsi la moitié de 3,28 ou 1,64, ajoutée à 16, donne 17,64 *feet* pour la descente virtuelle; et comme 17,64 × 32000 = 563480, en divisant ce nombre pour 40,000, il fournit pour quotient 14,08, nombre de *bushels* de blé que le courant pourra moudre, par heure.

trouve des rochers en un endroit, de manière que l'on ne puisse pas y obtenir plus de 3 pieds de largeur sans une grande dépense, tandis que l'on peut s'y procurer 8 pieds de profondeur à peu de frais, on adoptera ces dimensions, parce que l'aire de la section que l'on obtient ainsi avoir, $8 \times 3 = 24$ pieds carrés, est équivalente à celle de la section voulue.

Supposons encore qu'un large rocher plat nous empêche d'obtenir plus de 2 pieds de profondeur, à moins de faire de grands frais, mais que nous puissions ménager 12 pieds de largeur avec peu de dépense : on aura encore une aire suffisante, parce que $2 \times 12 = 24$ pieds carrés, section voulue. L'eau arriverait également bien, si même elle n'avait pas plus de 0,5 pieds de profondeur, pourvu qu'elle occupât une largeur proportionnée. Il peut y avoir cependant un inconvénient à donner aux canaux très-peu de profondeur dans certaines localités, parce qu'en été l'eau est quelquefois trop basse pour pouvoircouler par-dessus; mais si l'eau était toujours à la même hauteur, l'inconvénient serait peu de chose. Le courant déblaiera les endroits profonds, et s'opposera à ce que le sable ou la vase puisse s'y déposer. Ceci semblera un paradoxe à beaucoup de personnes, mais le fait est constaté par l'expérience.

## § 65. Des dimensions et de la pente des canaux.

Quant aux dimensions et à la pente qu'il est nécessaire de donner à un canal destiné à conduire à un moulin une quantité d'eau voulue, on n'a donné aucune règle sur cet objet. Pour en établir une, considérons que, les dimensions du canal dépendent entièrement de la quantité d'eau et de la vitesse avec laquelle elle doit y couler. Ainsi, si nous pouvons choisir la vitesse qui sera, je suppose, de 1 à 2 *feet* par seconde, nous trouverons les dimensions du canal d'après le théorême suivant :

*Théorème.* Divisez la quantité d'eau voulue par seconde, exprimée en *feet* cubes, par la vitesse qu'elle doit avoir par seconde, exprimée aussi en *feet*, et le quotient sera l'aire de la section du canal.

Divisez cette aire par la profondeur admise, et le quotient sera la largeur correspondante du canal; ou divisez-la par la largeur choisie, et le quotient sera la profondeur convenable.

*Problème Ier*. On donne une meule de 5 *feet* de diamètre, et dont le cercle moyen doit avoir une vitesse de 18 *feet* par seconde, l'emplacement offre une chute virtuelle ou effective de 10 *feet;* on demande les dimensions du canal qui doit conduire l'eau nécessaire avec une vitesse de 1 *foot* par seconde.

Le théorême, § 63, apprend que, l'aire de la meule 10,63 *feet* carrés, multipliée par 6 *cubochs*, fournit un produit égal à 111,78, ou, en nombre rond, à 112 *cubochs*: nombre qui, étant divisé par les 10 *feet* de chute, donne 11,178 *feet* cubes d'eau nécessaires par seconde. En divisant ce volume d'eau par la vitesse admise, 1 *feet* par seconde, on obtient 11,178 *feet* pour l'aire de la section du canal, laquelle étant divisée par la profondeur proposée 2 *feet*, fournit enfin à 5,58 *feet* pour la largeur de ce canal.

*Problème* IIe On donne une meule de 6 *feet* de diamètre, et dont le cercle moyen doit être animé d'une vitesse de 18 *feet* par seconde, à l'aide d'une roue en-dessous établie sur une chute de 8 *feet* de descente verticale. On demande quelle est la puissance nécessaire pour faire marcher le moulin; quelle quantité d'eau il faut dépenser par seconde, pour développer ladite puissance, et quelles dimensions il faut donner au canal qui doit amener cette eau avec la vitesse de 1,5 *feet* par seconde?

Alors, d'après le § 61, les 8 *feet* de descente verticale, employés sur le principe des roues en-dessous se réduisent à 4 *feet* de descente virtuelle ou effective: et l'aire de la meule, d'après la table § 63 est de 27,27 *feet* carrés; ainsi 27,27 fois 6 *cubochs*, donnent 163,62 cubochs par seconde, pour la puissance

qu'il faut appliquer à la meule. Cette puissance étant divisée par 4 *feet*, descente effective, donne $\frac{163,62}{4}$=40,9 *feet* cubes, pour la quantité d'eau à dépenser par seconde, laquelle étant divisée par la vitesse admise 1,5 *feet* par seconde, fournit 27,26 *feet* carrés pour l'aire de la section du canal. Si on divise actuellement cette aire par 2,25 *feet*, profondeur à donner au canal, on obtient 12 *feet* pour sa largeur (1).

Pour ce qui est de la pente nécessaire au canal, j'observerai qu'elle doit être ménagée au fond de ce canal et non dans le haut, lequel doit toujours être de niveau avec l'eau contre la digue de dérivation, afin d'éviter que ce liquide ne déborde, quand la vanne du moulin est fermée, mais qu'il puisse, au contraire, se mettre alors de niveau avec l'eau en amont. Ainsi plus on ménage de pente sur toute la longueur du canal, plus ce canal doit être profond à l'endroit du moulin.

Plus le mouvement de l'eau sera lent, mieux cela vaudra, il y aura moins de chute dépensée.

D'après beaucoup d'observations, je conclurai qu'une pente d'environ 3 *inches* pour 100 *yards* suffit, si le canal est assez long, mais lorsque ce canal est court il faudra lui donner plus de pente, ainsi que lorsque la prise d'eau est sujette à baisser par la sécheresse; car plus l'eau est basse, plus la vitesse doit être grande et plus il faut donner de pente au canal. Un auteur français, M. *Fabre*, prescrit 1 pouce pour 500 pieds.

(1) Les étangs de moulin contiennent, pour chaque *acre* de superficie et par *foot* de profondeur, 43560 *feet* cubes d'eau. Supposez que la superficie de votre étang est de 1,5 *acres*, et qu'il a 3 *feet* de profondeur, alors 43560, multiplié par 3, donne 130680, nombre qui, étant multiplié par 15, fournit 196020 *feet* cubes, valeur du volume d'eau contenu dans l'étang. Si l'on divise le volume par le nombre de *feet* cubes d'eau que le moulin dépense par seconde, 10 par exemple, on obtient 19602 secondes ou 5 heures, pour le temps que l'eau de l'étang pourra, seule, tenir le moulin en activité.

## § 66. Des évents pour empêcher les aqueducs de crever quand ils sont remplis d'eau.

Quand l'eau doit être dirigée à une distance considérable au moyen d'une conduite située plus bas que la surface de l'eau d'un réservoir, il faut faire usage d'*évents* pour empêcher que le tuyau de conduite ne crève. Pour comprendre l'emploi de ces évents, imaginons une conduite de 100 pieds de long, située à 16 pieds au-dessous de la surface de l'eau, et, supposons que, pour la remplir, on ouvre à une de ses extrémités, une vanne d'égale section. Alors si l'eau ne rencontre pas de résistance en se rendant à l'autre extrémité de la conduite, elle acquiert une grande vitesse qui doit être subitement arrêtée lorsque la conduite est remplie. Dans ce cas, cette grande colonne d'eau en mouvement frapperait les parois de la conduite, avec une force égale à celle d'un corps dur d'un poids égal et animé de la même vitesse, et un pareil choc suffirait pour crever cette conduite, fût-elle percée dans du bois.

Beaucoup de personnes ayant pensé que l'usage des évents n'avait pas d'autre objet que de procurer une sortie à l'air intérieur, les ont faits trop petits, et de telle forme, qu'ils exhalent l'air assez vite pour admettre l'eau avec une vitesse considérable, mais pas en assez grande quantité pour en détruire graduellement le mouvement; dans ce cas, il vaut mieux n'en pas avoir. Mais si, au contraire, l'air ne pouvait pas s'échapper facilement, l'eau n'entrerait pas librement, et le choc serait amorti par la résistance de l'air.

Toutes les fois que l'air est comprimé dans une conduite, par l'eau affluente, il produit un grand sifflement en s'échappant par les fissures; c'est pourquoi l'on a regardé l'air comprimé comme la cause de la rupture des tuyaux de conduite, tandis que l'élasticité de ce fluide agit comme un préservatif. Car je crois que, si l'on pompait tout l'air renfermé dans une

conduite de 100 *feet* de long et de 3 *feet* carrés de section, pour y laisser entrer l'eau avec toute sa force, le choc qu'elle y produirait creverait la conduite, quand bien même elle serait aussi forte qu'un canon de métal coulé ; parce que, dans ce cas, il faudrait s'opposer au choc de 900 *feet* cubes d'eau, pesant 56250 *pounds*, que le poids de l'atmosphère lancerait avec uue vitesse de 46 *feet* par seconde; ce choc serait presque irrésistible.

Je pense, d'après tout cela que, le mieux est de pratiquer des évents de la grandeur du tuyau de conduite, à des distances de 20 ou 30 pieds; mais cela doit dépendre beaucoup de la profondeur à laquelle le tuyau de conduite se trouve audessous de la surface du réservoir, et d'autres circonstances.

J'ai dit ce que j'ai cru nécessaire pour faire bien comprendre, soit la théorie de la puissance et des principes des mécaniques et de l'eau agissant sur des roues hydrauliques de différente construction, soit pour établir de véritables théories du mouvement des différentes espèces de roues hydrauliques. Je rapporterai ici la plupart des expériences de l'ingénieux *Smeaton*, afin que le lecteur puisse les comparer avec les théories établies, desquelles il appréciera ainsi lui-même l'exactitude.

## § 67. Expériences de Smeaton, sur les roues hydrauliques en-dessous.

Ce paragraphe et les deux suivans, sont presque textuellement extraits de l'ouvrage intitulé: *An experimental enquiry*, etc., c'est-à-dire. Recherches expérimentales, lues à la société de physique de Londres le 3 et le 10 mai 1759, concernant la puissance naturelle de l'eau et du vent, pour faire tourner les moulins et autres machines qui dépendent du mouvement circulaire, par James *Smeaton*, membre de la Société Royale.

« Ce que j'ai à communiquer sur ce sujet, a été originairement déduit d'expériences faites sur des modèles en activité de travail, moyen que je regarde comme le meilleur pour obte-

nir des données dans les recherches sur la mécanique. Mais il est alors nécessaire de distinguer les circonstances par lesquelles le modèle diffère de la machine en grand ; sans cela, ce modèle est plus propre à nous éloigner de la vérité, qu'à nous y conduire. De là l'observation qu'une chose peut très-bien réussir en petit et manquer en grand. Et en vérité, quoique l'on apporte la plus grande circonspection dans les expériences, on ne peut s'assurer de la meilleure construction des machines, qu'en faisant des essais sur ces machines elles-mêmes. C'est pour cette raison que, quoique les modèles que je vais décrire, ainsi que la plupart des expériences suivantes, aient été exécutés durant les années 1752 et 1753, j'ai différé de les offrir à la Société jusqu'à ce que j'eusse eu l'occasion de vérifier, par la pratique, les règles que j'en ai déduites, dans une variété de cas et d'emplois telle, qu'il me fût permis d'assurer à la société que je les ai trouvées conformes aux résultats.

» La *fig.* 34 représente une coupe du mécanisme employé aux expériences sur les roues hydrauliques, dans lequel

*ABCD* est un réservoir inférieur, ou magasin pour recevoir l'eau, après qu'elle a quitté la roue hydraulique, et pour fournir à alimenter.

*DE* est un réservoir supérieur où l'eau est élevée, par une pompe, à une hauteur quelconque, indiquée par

*FG*, petite baguette divisée en *inches* et fractions, fichée sur un flotteur inférieur, qui la fait monter et descendre, à mesure que l'eau s'élève ou baisse dans le réservoir supérieur.

*HI* est la queue de la vanne par laquelle on la lève et on l'arrête à une hauteur voulue, au moyen de

*K*, clavette ou cheville que l'on introduit dans les différens trous percés, en échelle diagonale, sur la face antérieure de la queue *HI*, de la vanne.

*GL* représente le haut de la tige du piston d'une pompe, destinée à aspirer l'eau du réservoir inférieur pour l'élever dans le réservoir supérieur, pour y maintenir la surface du liquide

à la hauteur nécessaire, et suppléer ainsi à l'eau dépensée par l'ouverture de la vanne.

*MM* est le levier à poignée, de la pompe, terminé, du côté de la tige du piston, par un arc de cercle.

*N* est un buttoir pour arrêter le levier et limiter ainsi l'élévation du piston. Le fond du corps de pompe, en arrêtant ce même piston, en limite ainsi la descente.

*O* est un cylindre sur lequel s'enroule une corde qui, étant guidée par les poulies *P* et *Q*, élève

*R*, plateau dans lequel on place les poids destinés à essayer la puissance de l'eau.

*ST*, montans verticaux, supportant la roue, et munis de coulisses qui leur permettent de glisser vers le haut et vers le bas, quand on veut ajuster cette roue le plus près possible du fond du coursier.

*W*, poutre qui supporte les poulies et le plateau; elle est située à 15 ou 16 *feet* plus haut que la roue, quoique dans la figure elle ne soit représentée qu'un peu plus haut que la machine, dans le but d'en présenter le dessin sous de moindres dimensions.

*XX* est le corps de la pompe, ayant 5 *inches* de diamètre et 11 *inches* de long.

*Y* en est le piston, et

*Z* la soupape fixe.

*GV* est un cylindre de bois, fixé sur la tige du piston de la pompe, et qui s'élève jusqu'au-dessus de la surface de l'eau. Ce cylindre ayant un diamètre tel que, l'aire de sa section est la moitié de celle de la section du corps de la pompe, fait monter et descendre le niveau de l'eau dans le réservoir, d'autant que le piston le fait baisser ou l'élève, lorsqu'il descend et qu'il monte. Par cette disposition le flotteur gradué *FG* est soutenu plus également à la même hauteur.

*aa* est un des deux fils de fer servant de conducteurs au flotteur, qu'ils maintiennent dans une position verticale, avec le

concours d'une pièce de bois *x*, percée d'un trou, dans lequel passe la tige de ce flotteur.

*b* est l'ouverture de la vanne.

*cc* est une planche inclinée, destinée à conduire plus directement l'eau par l'ouverture *cd*, dans le réservoir inférieur.

*ce* est une planche en talus, pour recueillir l'eau qui est projetée par les aubes de la roue.

*ABCD*, *fig.* 35, représente le bout de l'arbre de la roue, garni de deux virolles ou frettes de cuivre *B*, *D*.

*E* est un cylindre métallique dont la portion *F*, sert de pivot ou de tourillon.

*cc* est la coupe d'un *manchon* ou cylindre creux, en bois, et dont le trou intérieur est d'un diamètre un peu plus grand que le diamètre de la virole *B*.

*aa* indique la coupe d'une virole de bronze, embrévée dans le bout du manchon ; elle est ajustée sur la virole *B*, de manière à tourner librement dessus, et avec le moins de ballottement possible.

*bb*, *dd*, *gg*, est la coupe d'une virole à douille, fixée sur l'autre bout du manchon ; la partie *dd*, qui forme douille, est ajustée de manière à glisser librement sur le cylindre *E*, tout comme la virole *aa* glisse sur celle *B*.

*gg*, est l'extrémité de la virole à douille, terminée en espèce de bouton, par lequel on peut mouvoir le manchon de bois, et le faire aller en avant ou en arrière, pour le faire tourner à volonté sur les parties cylindriques *B*, *E*, de l'arbre de la roue.

*ee*, *ii*, *oo*, représente la coupe d'une autre virole de bronze, à rebord, fixée également sur le manchon, le bout *ee* en est refendu comme une roue d'engrenage de champ, et le rebord *oo* est denté en rochet.

En conséquence, lorsque le disque *bddb* sera poussé tout contre la virole *D*, deux des dents du bout de la virole *ee* engrèneront avec le prisonnier *G* fixé sur l'arbre de la roue, qui entraînera ainsi, dans son mouvement, le manchon, et le fera tourner avec elle. Mais lorsqu'on tire le disque en arrière par le bouton

*gg*, le manchon est dégagé du prisonnier *G*, et cesse de tourner. Un cliquet, qui joue dans le rochet du rebord *oo* de la virole, s'oppose à ce que le poids, dont le plateau de l'appareil est chargé, puisse alors descendre.

» Par ce moyen, le manchon sur lequel s'enroule la corde qui élève le poids, est instantanément mis en mouvement ou arrêté pendant que la roue tourne. Sans un mécanisme de ce genre, il n'est pas aisé de faire des expériences analogues aux suivantes, avec un degré suffisant d'exactitude.

» Je crois qu'il est nécessaire d'indiquer le sens dans lequel j'emploie le mot *puissance*.

» On emploie le mot *puissance* en mécanique pratique, pour exprimer l'effort d'une force, de la gravité, d'une impulsion ou d'une pression, en tant qu'il engendre le mouvement, et qu'il est ainsi capable de produire un effet. Il n'existe donc pas d'effet mécanique proprement dit; car, pour être développé, il exige une puissance de l'un de ces genres.

» L'élévation d'un poids, relativement à la hauteur à laquelle il peut être élevé dans un temps donné, est la meilleure mesure de la puissance; ou, en d'autres mots, si le poids entraîné est multiplié par la hauteur à laquelle il peut être élevé, dans un temps donné, le produit est la mesure de la puissance qui le sollicite. Conséquemment, toutes les puissances qui fournissent de pareils produits égaux, sont égales. Mais notez que ceci n'a lieu qu'au cas où un mouvement lent et uniforme anime les corps élevés; car dans le cas d'un mouvement rapide, accéléré ou retardé, la force d'inertie de ces corps occasionnera une différence.

» En comparant les effets des roues hydrauliques avec les puissances qui les produisent, ou, en d'autres termes, pour connaître quelle partie de la puissance primitive est nécessairement perdue par le mode d'application de l'eau, nous devons d'abord déterminer quelle portion de cette puissance il faut dépenser, pour surmonter le frottement de la machine et la résistance de l'air; quelle est la vitesse réelle de l'eau au moment où elle frappe

la roue, et quelle est enfin la quantité d'eau dépensée dans un temps donné.

» D'après les principes reconnus et expérimentaux de l'hydrostatique, on peut déduire de la vitesse de l'eau au moment où elle frappe la roue, la hauteur de la colonne de ce liquide, génératrice de cette vitesse; de manière qu'en multipliant la quantité ou le poids de l'eau réellement dépensée dans un temps donné, par la hauteur de la colonne génératrice ainsi obtenue, et dont la hauteur doit être regardée comme celle de laquelle ce poids d'eau est descendu durant ce temps donné, nous aurons un produit égal à la puissance primitive de l'eau, débarrassé, tant de l'incertitude qu'aurait causée le frottement de ce liquide s'écoulant par de petits orifices, que de tous les doutes provenant des différentes manières de mesurer les eaux courantes, indiquées par différens auteurs.

» D'un autre côté, la somme du poids élevé par l'action de cette eau, et du poids nécessaire pour surmonter le frottement et la résistance de la machine, multipliée par la hauteur à laquelle le poids peut être élevé dans un temps connu, donne pour produit l'effet de cette puissance. Le rapport des deux produits, ainsi obtenus, exprimera le rapport de la puissance à l'effet. Si donc nous chargeons successivement la roue de poids différens, nous pourrons déterminer pour quelle charge et pour quelle vitesse de cette roue, l'effet est un *maximum*. »

*Détermination de la vitesse de l'eau, à l'instant qu'elle frappe la roue.*

« Supposons que, la roue est d'abord mise en mouvement par l'eau, qu'il n'y ait aucun poids dans le plateau, et que le nombre de révolutions soit 60, par minute: il est évident que, si la roue pouvait tourner librement, sans frottement et sans résistance, 60 fois la circonférence de la roue serait alors l'espace que l'eau aurait parcouru, durant une minute, avec la même vitesse qu'elle aurait frappé cette roue; mais cette roue, toute gênée qu'elle est par le frottement et par la résistance de l'air, faisant ce-

pendant 60 tours dans une minute, il est clair que, la vitesse de l'eau, avant de rencontrer la roue, doit avoir été plus grande que 60 circonférences.

» Enroulons maintenant la corde autour du manchon, mais à l'opposé du sens ordinaire, et chargeons le plateau qui deviendra ainsi un *contre-poids*, dont l'effet sera de faire tourner la roue dans le même sens que l'eau motrice; augmentons la charge jusqu'à ce que la roue, en étant entraînée, elle tourne sans eau, un peu plus vite que par l'action de ce liquide, jusqu'à ce qu'elle fasse 63 tours en une minute, par exemple. Cela posé, si, faisant agir de nouveau l'eau aidée de ce contre-poids, sur la roue, celle-ci exécute alors plus de 63 tours par minute, 64 par exemple, nous conclurons de là que, l'eau exerce encore quelque puissance pour tourner la roue.

» Supposons maintenant que le contre-poids soit augmenté de manière à ce que la roue fasse 64,5 tours par minute, sans le secours de l'eau; essayons ensuite cette roue avec l'eau, aidée du contre-poids comme précédemment, et admettons qu'elle fasse le même nombre de tours par minute, savoir 64,5. Il est clair que, dans ce cas, la roue effectue, par minute, le même nombre de révolutions qu'elle ferait si elle n'éprouvait aucun frottement ni aucune résistance, parce que le contre-poids leur fait équilibre; car si ce contre-poids était trop léger, l'eau accélèrerait la roue, et s'il était trop lourd, elle la retarderait; l'eau, dans ce cas, devient un *régulateur* du mouvement de la roue, dont la vitesse, à la circonférence, est alors la mesure de la vitesse de l'eau.

» Cherchez le plus grand produit ou *l'effet maximum* de la manière suivante; ayant trouvé par des essais quel poids donne le plus grand produit, en multipliant simplement la charge du plateau par le nombre de tours de la roue, cherchez quel autre poids il faut mettre dans le plateau, quand la corde est enroulée à l'opposé sur le manchon, pour faire exécuter à la roue le même nombre de tours dans la même direction, sans le secours de l'eau : il est évident que, ce contre-poids sera

égal au frottement et à la résistance de l'air. En conséquence, ce contre-poids ajouté à la charge du plateau, et avec deux fois le poids de ce plateau lui-même (1), sera égal au poids qui aurait pu être élevé, en supposant que la machine n'eût éprouvé ni frottement ni résistance ; poids qui, multiplié par la hauteur à laquelle il a été élevé, fournit pour produit la mesure du plus grand effet de cette puissance. »

*Mesurage de la quantité d'eau dépensée.*

« La pompe dont on faisait usage pour alimenter le réservoir supérieur était exécutée avec tant de soin, qu'elle ne perdait pas la moindre portion d'eau à travers les cuirs ; elle en donnait la même quantité à chaque coup, quelle qu'en fût la vitesse ou la lenteur, et comme l'amplitude de la course du piston était limitée, la quantité d'eau élevée par coup de piston, ou mieux par 12 coups de piston, était connue d'après la hauteur à laquelle l'eau s'élevait dans le réservoir supérieur, dont la forme régulière pouvait être facilement cubée. L'orifice par lequel l'eau arrivait sur la roue était pratiqué de manière à pouvoir être maintenu ouvert, à diverses hauteurs, à l'aide d'une cheville ; de sorte, que quand cette cheville était fichée dans le même trou, l'ouverture de l'écoulement de l'eau était la même. »

*Exemple d'une série d'expériences.*

« La vanne levée jusqu'au premier trou.

Hauteur de l'eau, au-dessus du seuil de la vanne, 30 *inches*.

Nombre de coups de piston en une minute, 39 $\frac{1}{2}$.

Elévation du niveau de l'eau dans le réservoir supérieur, par 12 coups de piston, 21 *inches*.

La roue, entraînée par le plateau non chargé, effectue, par minute, 80 révolutions.

(1) Le poids du plateau fait partie des deux poids, c'est-à-dire du poids et du contre-poids.

Avec un contre-poids de 1 *pound* 8 *ounces*, elle fait 85 révolutions.

Par l'action de l'eau, elle effectue 86 révolutions.

| Nos | Poids en pounds. | Tours par minute. | Produit. |
|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 45 | 180 |
| 2 | 5 | 42 | 210 |
| 3 | 6 | 36,50 | 217,50 |
| 4 | 7 | 33,75 | 236,50 |
| 5 | 8 | 30 | 240 max |
| 6 | 9 | 26,50 | 238,50 |
| 7 | 10 | 22 | 220 |
| 8 | 11 | 16,50 | 181,50 |
| 9 | 12 | la roue cesse de tourner (1). | |

Contre-poids dans le plateau, pour 30 tours, sans employer l'eau, 2 *ounces*.

*Nota.* L'aire de la base du réservoir est de 105,8 *inches* carrés.

Poids du plateau vide et des poulies, 10 *ounces*.

Circonférence du manchon, 9 *inches*.

Circonférence de la roue hydraulique, 75 *inches*. »

### *Résumé des expériences ci-dessus.*

« La circonférence de la roue, 75 *inches*, multipliée par 86 tours, donne 6450 *inches* pour la vitesse de l'eau par minute ; d'où la vitesse, par seconde, égale 107,5 *inches* ou 8,96 *feet*. Cette vitesse est due à la pression d'une colonne d'eau de 15 *inches* (2), que nous appellerons pression *effective* ou *virtuelle*.

(1) Quand la roue va si lentement qu'elle ne peut pas rejeter l'eau aussi vite qu'elle est fournie par la vanne, l'eau accumulée reflue en arrière vers l'ouverture, et la roue s'arrête immédiatement.

(2) Ceci est déterminé par la règle connue d'hydrostatique, savoir que, la vitesse de l'eau jaillissante est égale à celle qu'un corps acquerrait en tombant du niveau de l'eau dans le réservoir ; ce qui est prouvé par les jets d'eau, qui s'élèvent presque à la hauteur des réservoirs qui les alimentent.

» L'aire de la base du réservoir ayant 105,8 *inches* carrés, en la multipliant par le poids d'un *inch* cube d'eau, égal à 0,579 *ounces avoirdupois*, on obtient 61,26 *ounces*, c'est-à-dire que le réservoir contient 3,83 *pounds* d'eau pour chaque *inch* de profondeur. Ce poids, multiplié par la profondeur 21 *inches*, donne 80,43 *pounds*, pour le poids de l'eau que fournissent 12 coups de piston. Les coups de piston étant au nombre de 39,5 par minute, le poids d'eau dépensé durant ce temps est ainsi de 264,7 *pounds*.

» Maintenant, ces 264,7 *pounds* d'eau, doivent être considérés comme ayant décrit une chute de 15 *inches* par minute; d'où il résulte que, le produit 3970 de ces deux nombres exprime la puissance que l'eau possède pour produire des effets mécaniques, qui sont les suivans:

» La vitesse de la roue au *maximum*, comme on a vu ci-dessus, était de 30 révolutions par minute; en multipliant donc par 30, la circonférence, 9 *inches*, du manchon, on obtient 270 *inches;* mais comme le plateau était suspendu à une poulie embrassée par une corde doublée, le poids n'était élevé qu'à la moitié de cette hauteur, ou à 135 *inches*.

| | | |
|---|---|---|
| Le poids dans le plateau pour le *maximum* . . . . . . . . = | 8 *pounds* | |
| Le poids du plateau et de la poulie. . . . . . . . . . . . . . . = | 0 | 10 *ounces* |
| Celui du contre-poids, du plateau et de la poulie. . , . . . . . . = | 0 | 12 |
| Somme des résistances. . . . = | 9 | 6 |

c'est-à-dire 9,375 *pounds*.

» Maintenant comme ces 9,375 *pounds* sont élevés à 135 *inches*, ces deux nombres étant multipliés l'un par l'autre, donnent 1266, produit qui exprime l'effet *maximum* correspondant; en sorte que, le rapport de la *puissance* à cet *effet* est celui de 3970 à 1266, ou de 10 à 3,18.

» Mais quoique ce soit là le plus grand effet *simple*, que la puissance mentionnée puisse produire par l'impulsion de l'eau sur une roue en-dessous, cependant, comme toute la puissance

de l'eau n'est pas entièrement épuisée, ce rapport n'exprime pas la véritable proportion qui existe entre *la puissance et la somme des effets* qu'elle peut produire ; car comme l'eau doit nécessairement abandonner la roue avec une vitesse égale à celle dont la circonférence de cette roue est animée, il est clair que, cette eau conserve, après avoir quitté la roue, une partie de sa puissance primitive.

» La vitesse de la roue au *maximum* est de 30 tours par minute ; conséquemment sa circonférence se meut à raison de 3,123 *feet* par seconde, vitesse qui répond à la pression d'une colonne d'eau de 1,82 *inches* de hauteur. Ce nombre étant multiplié par la dépense d'eau durant une minute, savoir : 264,7 *pounds*, donne 481, pour la valeur de la portion de puissance qui, anime encore cette eau, après qu'elle a dépassé la roue, et qui, étant déduite de la puissance primitive 3970, donne pour reste 3489, nombre qui exprime la portion de puissance dépensée pour produire l'effet 1266 ; donc la portion de puissance dépensée pour produire cet effet, est au plus grand effet qu'il est possible de produire de cette manière, comme 3489 est à 1266, ou comme 10 est à 3,62, ou enfin comme 11 est à 4.

» La *vitesse de l'eau* qui frappe la roue a été déterminée à 86 circonférences de la roue, par minute, et la *vitesse maximum de cette roue* à 30 tours aussi par minute ; donc la vitesse de l'eau affluente est à celle de la roue, comme 86 est à 30, ou comme 10 est à 3,5, ou enfin comme 20 est à 7.

» *La charge au maximum* a été trouvée égale à 9 *pounds* 6 *ounces*, et on a vu que, la roue cesse de se mouvoir lorsqu'il y a 12 *pounds* dans le plateau. Ajoutant à cela les 10 *ounces* poids de ce plateau, on trouve le rapport 3 : 4 pour la proportion entre la charge au *maximum* et celle qui arrête la roue (1).

(1) J'observerai ici que, si cette vanne avait été disposée aussi près des palettes que possible, comme on le pratique en Amérique, quand on fait agir l'eau par impulsion seulement, il est très-probable que la roue eût continué à tourner jusqu'à ce qu'elle eût été chargée de 1,5 fois le poids de la charge maximum, 9 *pounds*, 6 *ounces*; c'est-à-dire de 14 *pounds* 1 *ounce*, ce qui

» Il est assez remarquable que, quoique la vitesse de la roue soit un peu plus grande que le tiers de la vitesse de l'eau, cependant l'impulsion de ce liquide, dans le cas du *maximum*, est plus du double de celle indiquée par la théorie, c'est-à-dire qu'au lieu des $\frac{4}{9}$ de la colonne, elle est presque égale à cette colonne entière (1).

» On ne doit pas oublier que, dans le cas présent, la roue n'est point placée comme sur une rivière indéfinie, où le courant naturel, après avoir communiqué son impulsion à la palette, peut s'échapper de toutes parts, comme la théorie le suppose ; mais qu'au contraire, cette roue est renfermée dans un conduit ou coursier contre lequel la palette est ajustée de telle sorte que, l'eau ne peut s'échapper qu'en suivant le mouvement de la roue. Lorsqu'une roue travaille de cette manière, on doit observer qu'aussitôt que l'eau en rencontre les palettes, elle en reçoit un choc subit et s'élève contre elles, à la façon d'une vague qui frappe un objet fixe ; tellement que lorsque la lame d'eau n'a pas un quart d'*inch* d'épaisseur, avant de rencontrer les palettes, elle agit néanmoins sur toute leur surface dont la hauteur est de 3 *inches*. Si donc la hauteur de l'aube était égale à l'épaisseur de la lame d'eau, comme la théorie semble l'indiquer, ce liquide passerait par-dessus cette aube, circonstance qui entraînerait la perte d'une grande partie de la force motrice.

» Pour confirmer ce qui a déjà été dit, je joins ici la table suivante, contenant le résultat de 27 expériences, faites et réduites de la manière indiquée ci-dessus. Ce qui reste à dire de la théorie des roues en-dessous, résultera naturellement de la comparaison de ces différentes expériences.

se serait accordé avec la théorie établie au § 41. Cette observation est peut-être échappée à *Smeaton*.

(1) Cette observation de l'auteur confirme la vérité de la théorie établie § 41, et suivant laquelle la vitesse maximum est les 0,577 de la vitesse de l'eau, et la charge les $\frac{2}{3}$ de la plus forte charge; car si la vanne avait été disposée tout près des palettes, la plus grande charge aurait probablement été de 14 *pounds* 1 *ounce* ou les $\frac{2}{3}$ de la charge maximum.

*Table d'expériences.*

| Numéros des expériences. | Hauteur de l'eau dans le réservoir supérieur. | Nombre de révolutions que la roue non chargée fait par minute. | Pression d'eau ou chute virtuelle déduite des nombres précédens. | Nombre de révolutions par minute, dans le cas du maximum. | Charge d'équilibre. | | Charge dans le cas du maximum. | | Quantité d'eau dépensée par minute. | Puissance. | Effet. | Rapports | | | Trou de la queue de la vanne auquel la cheville est placée. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | De l'effet à la puissance. | De la vitesse de la roue à celle de l'eau. | De la charge maximum à la charge d'équilibre. | |
| | *inches.* | | *inches.* | | *pnds.* | *ounc.* | *pnds.* | *ounc.* | | | | | | | |
| 1 | 33 | 88 | 15,85 | 30 | 13 | 10 | 10 | 9 | 275 | 4358 | 1411 | 0,324 | 0,340 | 0,775 | 1er |
| 2 | 30 | 86 | 15 | 30 | 12 | 10 | 9 | 6 | 264,7 | 3970 | 1266 | 0,320 | 0,350 | 0,740 | |
| 3 | 27 | 82 | 13,70 | 28 | 11 | 2 | 8 | 6 | 243 | 3320 | 1044 | 0,315 | 0,340 | 0,750 | |
| 4 | 24 | 78 | 12,30 | 27,70 | 9 | 10 | 7 | 5 | 235 | 2890 | 901,4 | 0,312 | 0,355 | 0,753 | |
| 5 | 21 | 75 | 11,40 | 25,90 | 8 | 10 | 6 | 5 | 214 | 2439 | 735,7 | 0,302 | 0,345 | 0,732 | |
| 6 | 18 | 70 | 9,95 | 23,50 | 6 | 10 | 5 | 5 | 199 | 1970 | 561,8 | 0,285 | 0,336 | 0,802 | |
| 7 | 15 | 65 | 8,54 | 23,40 | 5 | 2 | 4 | 4 | 178,5 | 1524 | 442,5 | 0,290 | 0,360 | 0,830 | |
| 8 | 12 | 60 | 7,29 | 22 | 3 | 10 | 3 | 5 | 161 | 1173 | 328 | 0,280 | 0,377 | 0,910 | |
| 9 | 9 | 52 | 5,47 | 19 | 2 | 12 | 2 | 8 | 134 | 733 | 213,7 | 0,290 | 0,365 | 0,910 | |
| 10 | 6 | 42 | 3,55 | 16 | 1 | 12 | 1 | 10 | 114 | 404,7 | 117 | 0,282 | 0,380 | 0,930 | |
| 11 | 24 | 84 | 14,20 | 30,75 | 13 | 10 | 10 | 14 | 342 | 4890 | 1505 | 0,308 | 0,366 | 0,790 | 2e |
| 12 | 21 | 81 | 13,50 | 29 | 11 | 10 | 9 | 6 | 297 | 4009 | 1223 | 0,301 | 0,362 | 0,805 | |
| 13 | 18 | 72 | 10,50 | 26 | 9 | 10 | 8 | 7 | 285 | 2993 | 975 | 0,325 | 0,360 | 0,875 | |
| 14 | 15 | 69 | 9,60 | 25 | 7 | 10 | 6 | 14 | 277 | 2659 | 774 | 0,292 | 0,362 | 0,900 | |
| 15 | 12 | 63 | 8 | 25 | 5 | 10 | 4 | 14 | 234 | 1872 | 549 | 0,294 | 0,397 | 0,870 | |
| 16 | 9 | 56 | 6,37 | 23 | 4 | 0 | 3 | 13 | 201 | 1280 | 390 | 0,305 | 0,410 | 0,950 | |
| 17 | 6 | 46 | 4,25 | 21 | 2 | 8 | 2 | 4 | 167,5 | 712 | 212 | 0,298 | 0,455 | 0,900 | |
| 18 | 15 | 72 | 10,50 | 29 | 11 | 10 | 9 | 6 | 357 | 3748 | 1210 | 0,323 | 0,402 | 0,805 | 3e |
| 19 | 12 | 66 | 8,75 | 26,75 | 8 | 10 | 7 | 6 | 330 | 2887 | 878 | 0,305 | 0,405 | 0,810 | |
| 20 | 9 | 58 | 6,80 | 24,50 | 5 | 8 | 5 | 0 | 255 | 1734 | 541 | 0,301 | 0,422 | 0,910 | |
| 21 | 6 | 48 | 4,70 | 23,50 | 3 | 2 | 3 | 0 | 228 | 1064 | 317 | 0,299 | 0,490 | 0,960 | |
| 22 | 12 | 68 | 9,30 | 27 | 9 | 2 | 8 | 6 | 359 | 3338 | 1006 | 0,302 | 0,397 | 0,917 | 4e |
| 23 | 9 | 58 | 6,80 | 26,25 | 6 | 2 | 5 | 13 | 332 | 2257 | 686 | 0,304 | 0,452 | 0,950 | |
| 24 | 6 | 48 | 4,70 | 24,50 | 3 | 12 | 3 | 8 | 262 | 1231 | 385 | 0,313 | 0,510 | 0,935 | |
| 25 | 9 | 60 | 7,29 | 27,30 | 6 | 12 | 6 | 6 | 355 | 2588 | 785 | 0,303 | 0,455 | 0,945 | 5e |
| 26 | 6 | 50 | 5,03 | 24,60 | 4 | 6 | 4 | 1 | 307 | 1544 | 450 | 0,292 | 0,490 | 0,930 | |
| 27 | 6 | 50 | 5,03 | 26 | 4 | 15 | 4 | 9 | 360 | 1811 | 534 | 0,295 | 0,520 | 0,925 | 6e |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

*Règles et observations déduites de la table d'expériences précédente.*

« Règle Ire. *Si la pression ou chute virtuelle ou effective est la même, l'effet est à peu près comme la quantité d'eau dépensée.*

» Cela résulte de la comparaison des nombres contenus dans les colonnes 4, 8 et 10, de la table qui précède.

*Exemple* déduit des nos 8 et 25, savoir:

| Numéro. | Chute virtuelle. | Eau dépensée. | Effet. |
|---|---|---|---|
| 8 | 7,29 | 161 | 328 |
| 25 | 7,29 | 355 | 785 |

» Maintenant, si les chutes étant égales, les effets sont proportionnels à l'eau dépensée, nous devons avoir, d'après la 1re règle, 161 : 355 :: 328 : 723 ; mais au lieu du quatrième terme 723, l'expérience du n° 25 fournit le nombre 785, plus grand de 62. Ainsi l'effet du n° 25, comparé avec celui du n° 8, est plus grand que ne l'indique la règle présente, dans le rapport de 14 à 13 (1).

» L'exemple précédent est inscrit dans la table suivante, avec quatre autres semblables.

*Table d'exemples.*

| Exemples. | N° des expériences. | Chute virtuelle en *inches*. | Quantité d'eau dépensée. | Effet. | Comparaison. | Différence. | Différence proportionnelle. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1er | 8<br>25 | 7,29<br>7,29 | 161<br>355 | 328<br>785 | 161 : 355 :: 328 : 723 | + 62 | 14 : 13 |
| 2e | 13<br>18 | 10,5<br>10,5 | 285<br>357 | 975<br>1210 | 285 : 357 :: 975 : 1221 | — 11 | 121 : 122 |
| 3e | 20<br>23 | 6,8<br>6,8 | 255<br>332 | 541<br>686 | 255 : 332 :: 541 : 704 | — 18 | 38 : 39 |
| 4e | 21<br>24 | 4,7<br>4,7 | 228<br>262 | 317<br>385 | 228 : 262 :: 317 : 364 | + 21 | 18 : 17 |
| 5e | 26<br>27 | 5,03<br>5,03 | 307<br>360 | 450<br>534 | 307 : 360 :: 450 : 531 | + 3 | 178 : 177 |

(1) Si le véritable maximum de vitesse de la roue est les 0,577 de la vitesse de l'eau, et si la véritable charge au maximum est égale aux $\frac{4}{9}$ de

« Il paraît par cette table que, quelques-unes de ces expériences sont au-dessous et d'autres au-dessus du *maximum*, et que toutes s'accordent entre elles autant qu'on peut s'y attendre, dans des recherches où il faut tenir compte de tant de circonstances différentes; ainsi nous pouvons conclure, d'après les lois du raisonnement par induction, que la règle énoncée est vraie, c'est-à-dire que, les effets sont à fort peu près comme les quantités d'eau dépensées.

» Règle IIe. *Si la dépense d'eau est la même, l'effet est à peu près comme la hauteur de la chute ou pression virtuelle effective.*

» Cela sera évident en comparant les nombres contenus dans les colonnes 4, 8 et 10, pour quelques expériences choisies.

» *Exemple* du n° 2 et du n° 24 :

| Numéro. | Chute virtuelle. | Eau dépensée. | Effet. |
|---|---|---|---|
| 2 | 15 | 264,7 | 1266 |
| 24 | 4,7 | 262 | 385 |

» Comme les dépenses ne sont pas tout-à-fait égales entre elles, nous devons proportionner convenablement un des effets :

| | | |
|---|---|---|
| Selon la règle Ire | 262 : 264,7 :: | 385 : 389 |
| Et selon la règle IIe | 15 : 4,7 :: | 1266 : 397 |
| | Différence, | 8 |

» L'effet du n° 24, comparé avec celui du n° 2, est donc moindre que ne le veut la présente règle, dans le rapport de 49 : 50 (1).

la colonne entière, tel qu'on le voit § 42, alors l'effet sera à la puissance, dans le rapport de 38 à 100 ou de 0,38 à 1, un peu plus qu'il est écrit dans la table d'expériences, colonne 9e et 10e. Cette différence vient de l'application peu avantageuse de l'eau sur la roue-modèle.

(1) *Smeaton* compare de la même manière, entre elles, les expériences nos 1 et 10, et obtient une différence de — 34; cette différence est de — 17 dans la comparaison qu'il fait des expériences nos 11 et 17. Il trouve ainsi que le rapport mentionné est exprimé dans ces deux cas par ceux de 8 : 9 et de 25 : 26.

» Règle III$^e$. *Si la quantité d'eau dépensée est la même, l'effet est à peu près proportionnel à la racine carrée de la vitesse du liquide.*

» On voit cela en comparant les nombres des colonnes 3, 8 et 10, pour quelques expériences choisies.

» *Exemple*, le n° 2 comparé avec le n° 24, donne :

| Numéro. | Tours par minute. | Eau dépensée. | Effet. |
|---|---|---|---|
| 2 | 86 | 264,7 | 1266 |
| 24 | 48 | 262 | 385 |

» La vitesse étant comme le nombre de tours que la roue non-chargée fait par minute, nous devons avoir,

par la règle I$^{re}$, 262 : 264,7 :: 385 : 389

et par la règle III$^e$, $\left\{ \begin{matrix} (86)^2 : (48)^2 \\ 7396 : 2304 \end{matrix} \right\}$ :: 1266 : 394

Différence, 5

» L'effet n° 24, comparé avec celui du n° 2, est ainsi moindre que par la règle présente, dans le rapport de 78 : 79 (1).

» Règle IV$^e$. *Si l'ouverture de vanne est la même, l'effet est à peu près comme le cube de la vitesse de l'eau.*

» L'on verra cela en comparant les nombres des colonnes 3, 8 et 10.

» *Exemple* du n° 1, comparé au n° 10 :

| Numéro. | Tours par minute. | Eau dépensée. | Effet. |
|---|---|---|---|
| 1 | 88 | 275 | 1411 |
| 10 | 42 | 114 | 117 |

» *Lemme*. Il faut observer ici que, quand l'eau s'écoule avec des vitesses différentes, par des ouvertures de vanne offrant des sections égales, la dépense est proportionnelle à la vitesse,

(1) Ici *Smeaton* donne un tableau offrant la comparaison des expériences n$^{os}$ 1 et 10, n$^{os}$ 11 et 17, n$^{os}$ 18 et 21, duquel il résulte que, la règle conduit à des différences —39, —18, —42, et que le rapport mentionné est exprimé dans ces trois cas, par ceux de 7 : 8, de 24 : 25 et de 12 : 13.

Digitized by Google

et que par suite, si la dépense n'est pas proportionnelle à la vitesse, la section de la veine d'eau n'est pas la même.

» Maintenant, en comparant l'eau dépensée avec les nombres de tours de la roue non chargée, dans les expériences nos 1 et 10, nous aurons 88 : 42 :: 275 : 131,2 ; tandis que l'eau réellement dépensée dans l'expérience n° 10, n'a été que de 114 *pounds*. Ainsi, quoique la vanne fût levée à la même hauteur dans les expériences n° 10 et n° 1, néanmoins la section de la veine d'eau relative au n° 10 était moindre que celle du n° 1, dans la proportion de 114 à 131,2. Conséquemment, si l'ouverture effective ou section de l'eau eût été la même dans les deux expériences, de manière que l'on eût dépensé 131,2 *pounds* d'eau au lieu de 114, l'effet aurait été augmenté dans la même proportion, ainsi :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| d'après le lemme | 88 | : | 42 | :: | 275 : | 131,2 |
| par la règle Ire | 114 | : | 131,2 | :: | 117 : | 134,5 |
| et d'après la règle IVe | $(88)^3$ ou 681472 | : | $(42)^3$ : 74080 | :: | 1411 : | 153,5 |
| | | | Différence, | | | 19 |

» Ainsi l'effet du n° 10, comparé à celui du n° 1, est moindre qu'il ne devrait l'être d'après la règle actuelle, dans le rapport de 7 : 8 (1).

### *Observations.*

» 1re *Observation.* En comparant les colonnes 2 et 4 de la table d'expériences, il est évident que, la pression ou chute virtuelle n'a pas de proportion obligée avec la pression ou hauteur de la colonne d'eau totale ; mais plus l'ouverture de vanne est grande ou plus la vitesse de l'eau qui s'écoule est petite, plus

(1) En comparant de la même manière les expériences n° 11 et 17, n° 18 et 21 et n° 22 et 24, *Smeaton* forme un tableau, dans lequel on voit que, les différences des résultats de l'expérience et de la règle énoncée sont —10, —24, +18, et que le rapport de 7 à 8 se présente alors sous les formes 23 : 24, 14 : 15, et 20 : 19.

ces pressions approchent de la coïncidence. Ainsi dans les grandes ouvertures de vannes de moulin, par lesquelles de grandes quantités d'eau s'écoulent sous la pression de colonnes médiocres, ces colonnes d'eau et les chutes virtuelles, déterminées d'après la vitesse, s'accorderont à peu de chose près entre elles, comme l'expérience le confirme.

« 2e *Observation.* En comparant les différens rapports de l'effet à la puissance, inscrits dans la 11e colonne, on voit que, le plus général est 0,30, les extrêmes sont, 0,32 et 0,28. Mais plus la quantité ou la vitesse de l'eau sont grandes, c'est-à-dire, plus la puissance est considérable, plus ce rapport est grand, comme on peut l'observer. Nous admettrons donc que, le rapport qui existe dans les grandes machines est celui de 1 à 3.

» 3e *Observation.* Les rapports des vitesses de la roue et de l'eau, inscrits dans la 12e colonne, sont compris dans les limites de ceux 0,336 et 0,520; mais comme pour les grandes vitesses, ce rapport approche plus de celui de 1 à 3, et que pour les grandes quantités d'eau, il approche d'avantage celui de 1 à 2, il s'ensuit que le rapport le plus général doit être celui 0,400 ou de 2 à 5 (1).

» 4e *Observation.* En comparant entre eux les nombres de la

(1) J'observerai ici que, *Smeaton* peut s'être trompé dans sa conclusion, qu'en général le meilleur rapport de la vitesse de l'eau à celle de la roue doit être celui de 5 à 2. Ce rapport était en effet celui de 1 à 0,52 dans la première expérience, pendant laquelle la vanne étant levée, jusqu'au premier trou, la colonne virtuelle d'écoulement avait 15,85 *inches*, et on voit que, le deuxième terme de ce rapport augmente graduellement à mesure que la colonne d'écoulement décroît, et que la quantité d'eau augmente. Nous pouvons donc conclure que, pour les grandes ouvertures de vanne des moulins, ce rapport doit approcher de celui de 3 à 2, ce qui s'accordera avec la pratique et l'expérience d'un grand nombre de constructeurs américains, et avec les expériences que j'ai faites sur divers moulins. Comme il vaut mieux, d'ailleurs, donner aux moulins trop de vitesse, que pas assez, je conclus que la roue d'un moulin en-dessous, pour produire un effet maximum, doit être animée de près des $\frac{2}{5}$ de la vitesse de l'eau.

13e colonne, il paraît qu'il n'y a pas de rapport obligé entre la charge *maximum* que la roue peut entraîner, et celle qui serait capable de l'arrêter entièrement : mais ce apport, qui est renfermé dans les limites 0,960 et 0,732, approche d'autant plus près du rapport de 3 à 4, que la puissance est plus considérable par suite de l'augmentation, soit de la quantité, soit de la vitesse de l'eau ; cette valeur semble devoir s'appliquer principalement à de grandes roues. Comme on peut assigner la charge qu'une roue doit supporter, pour travailler avec le plus d'avantage possible ; d'après la connaissance de l'effet que cette roue doit produire, et de la vitesse dont elle doit être animée pendant le travail, la connaissance exacte de la plus grande charge que la roue peut supporter, importe peu dans la pratique (1).

» Il faut remarquer que, dans presque tous les exemples relatifs aux trois dernières des quatre règles précédentes, l'effet de la plus petite puissance n'est pas en proportion avec l'effet de la plus grande, quand on compare l'intensité de ces puissances avec leurs effets au *maximum*.

» Nous devons donc conclure, si les expériences ont été faites avec exactitude, que, les effets augmentent et diminuent dans un plus grand rapport que ces règles ne le supposent ; mais comme les différences ne sont pas très-considérables, la plus grande n'étant que d'à peu près $\frac{1}{8}$ de la quantité en question, et comme il n'est pas aisé de faire des expériences d'une nature aussi compliquée avec une précision absolue, nous supposerons que la plus petite puissance a été contrariée par quelque frottement, ou qu'elle a agi avec quelque désavantage, dont on ne s'est pas convenablement rendu compte. C'est pourquoi nous admettrons que ces règles doivent être regardées comme à fort

(1) L'auteur a peut-être encore été trompé par l'imperfection du modèle ; car si l'eau était livrée à la roue tout contre les palettes, la charge qui arrêterait complètement cette roue serait toujours égale à la colonne d'eau, voyez note, page 72 ; le frottement dans le coursier et contre l'air détruisait une grande partie de la force de sa petite quantité d'eau.

peu près vraies, quand on les applique à de grands travaux.

» Après que les expériences ci-dessus mentionnées eurent été faites, le nombre d'aubes ou de palettes de la roue qui était de 24, fut réduit à 12, ce qui causa une diminution d'effet, par suite de la trop grande quantité d'eau qui s'échappait entre les palettes et le plancher du canal. Mais ayant adapté sous la roue un coursier circulaire d'une longueur telle, qu'une des palettes entrait dans la courbe avant que la palette précédente ne l'eût quittée, l'effet redevient trop peu différent de ce qu'il était d'abord, pour laisser l'espoir de l'augmenter en portant à plus de 24 le nombre d'aubes ou palettes de cette roue particulière. »

## § 68. Expériences de Smeaton sur les roues en-dessus ou a-augets.

» Dans le paragraphe qui précède, nous avons examiné l'impulsion d'un courant guidé par un coursier et agissant sur des *roues en-dessous;* nous nous occuperons maintenant de la puissance et de l'application de l'eau, lorsqu'on veut la faire agir par sa *gravité* sur une *roue en-dessus.*

» On verra, dans le cours des considérations suivantes que, l'effet de la gravité des corps qui tombent est très-différent de l'effet du choc des corps qui ne sont pas élastiques, quoiqu'il soit engendré par la même puissance mécanique.

» Les changemens apportés à l'appareil déjà décrit, afin de l'approprier à l'essai des roues en-dessus, furent les suivans :

» La vanne *Ib* fut fermée: on en dévissa la queue *HI* pour la retirer.

» La roue en-dessous fut séparée de son arbre, et on la remplaça par une roue en-dessus, dont les augets, au nombre de 36, avaient 2 *inches* de profondeur.

» Les montans *S* et *T* furent élevés d'un demi-*inch*, afin que le bas de la roue se trouvât au-dessus de l'eau stagnante.

» Le rochet du manchon de l'arbre fut retourné, ainsi que le cliquet.

» Pour amener l'eau sur la roue, on fixa à l'appareil, comme l'indiquent les lignes ponctuées *gf*, un canal garni d'une vanne *hi*, qui en fermait l'extrémité quand on voulait arrêter l'écoulement de l'eau.

» Charge ou colonne d'écoulement, 6 *inches*.

Nombre de coups de piston par minute, 14,5.

Quantité d'eau élevée par douze coups de piston, 80 *pounds*.

Poids du plateau humide, 10,5 *ounces*.

Contre-poids qui, placé dans le plateau, correspond à vingt tours par minute, 3 *ounces*.

*Exemple d'une série d'expériences.*

| N° | Poids dans le plateau. | Tours par minute. | Produit. | Observations. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 60 | | la plus grande partie de l'eau est projetée hors de la roue. |
| 2 | 1 | 56 | | |
| 3 | 2 | 52 | | |
| 4 | 3 | 49 | 147 | l'eau est reçue tranquillement. |
| 5 | 4 | 47 | 188 | |
| 6 | 5 | 45 | 225 | |
| 7 | 6 | 42,5 | 255 | |
| 8 | 7 | 41 | 287 | |
| 9 | 8 | 38,5 | 308 | |
| 10 | 9 | 36,5 | 328,5 | |
| 11 | 10 | 35,5 | 355 | |
| 12 | 11 | 32,75 | 360,5 | |
| 13 | 12 | 31,25 | 375 | |
| 14 | 13 | 28,50 | 370,5 | |
| 15 | 14 | 27,5 | 385 | |
| 16 | 15 | 26 | 390 | |
| 17 | 16 | 24,5 | 392 | |
| 18 | 17 | 22,75 | 386,75 | |
| 19 | 18 | 21,75 | 391,5 | |
| 20 | 19 | 20,75 | 394,25 | maximum. |
| 21 | 20 | 19,75 | 395 | |
| 22 | 21 | 18,25 | 383,25 | |
| 23 | 22 | 18 | 396 | travail irrégulier. |
| 24 | 23 | | | la roue est entraînée par cette charge.» |

(1) Cette petite différence dans le produit des 12 coups de piston de la

*Remarques sur l'exemple précédent.*

» Dans ces expériences, la colonne d'écoulement étant de 6 *inches*, et le diamètre de la roue ayant 24 *inches*, la descente totale de l'eau était de 30 *inches*. La dépense d'eau était fournie par quatorze coups et demi de piston par minute, dont douze élevaient 80 *pounds* d'eau. Ainsi la quantité d'eau dépensée par minute était de 96,6667 *pounds*, lesquels, multipliés par 30 *inches*, donnent 2900 pour la valeur de la puissance.

» Si nous prenons la vingtième expérience pour le maximum, nous aurons 20,75 tours par minute, chacun desquels élève le poids de 4,5 *inches*, ce qui fait 93,37 *inches* par minute. Le poids dans le plateau est de 19 *pounds*; ce plateau pèse lui-même 10,5 *ounces*; et le contre-poids correspondant est de 3 *ounces*; tout cela étant ajouté au poids du plateau vide, forme un total de 20,5 *pounds* pour la résistance ou charge totale; laquelle étant multipliée par 93,37 *inches*, donne 1914 pour l'effet produit. Ainsi le rapport de l'effet à la puissance sera celui de 1914 à 2900, ou de 6,6 à 10, ou de 2 à 3 à peu près.

» Mais si nous calculons la puissance d'après le diamètre de la roue seulement, nous la trouverons égale à 96,6667 *pounds* multipliés par 24 *inches* ou à 2320, et l'effet sera à la puissance comme 1914 est à 2320, ou comme 8,2 est à 10, ou enfin comme 4 est à 5 à peu près.

» Le résumé de cet exemple est inscrit au n° 9 de la table suivante, laquelle a été déduite, de la même manière, de seize séries d'expériences semblables. »

pompe, avec celui trouvé dans les expériences précédentes, est due à une petite différence dans l'amplitude du coup de piston, occasionnée par le jeu du levier de bois.

*Table contenant le résultat de seize séries d'expériences sur les roues en-dessus ou à-augets.*

| Numéros. | Chute totale. | Eau dépensée par minute. | Nombre de tours par minute au maximum. | Poids élevé au maximum. | Puissance calculée d'après | | Effet produit. | Valeur de l'effet maximum, en prenant pour unité la puissance calculée d'après | | Valeur moyenne de l'effet. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | la chute totale. | le diamètre de la roue. | | la chute totale. | le diamètre de la roue. | |
| | *inches* | *pounds.* | | *pounds.* | | | | | | |
| 1 | 27 | 30 | 19 | 6,5 | 810 | 720 | 556 | 0,69 | 0,77 | |
| 2 | 27 | 56.667 | 16,25 | 14,5 | 1530 | 1360 | 1060 | 0,69 | 0,78 | |
| 3 | 27 | 56,667 | 20,75 | 12,5 | 1530 | 1360 | 1167 | 0,76 | 0,84 | 0,81 |
| 4 | 27 | 63,333 | 20,50 | 13,5 | 1710 | 1524 | 1245 | 0,73 | 0,82 | |
| 5 | 27 | 76,667 | 21,50 | 15,5 | 2070 | 1840 | 1500 | 0,73 | 0,82 | |
| 6 | 28,5 | 73,333 | 18,75 | 17,5 | 2090 | 1764 | 1476 | 0,70 | 0,84 | 0,82 |
| 7 | 28,5 | 96,667 | 20,25 | 20,5 | 2755 | 2320 | 1868 | 0,68 | 0,80 | |
| 8 | 30 | 90 | 20 | 19,5 | 2700 | 2160 | 1755 | 0,65 | 0;81 | |
| 9 | 30 | 96,667 | 20,75 | 20,5 | 2900 | 2320 | 1914 | 0,66 | 0,82 | 0,82 |
| 10 | 30 | 113,333 | 21 | 23,5 | 3400 | 2720 | 2221 | 0,65 | 0,82 | |
| 11 | 33 | 56,667 | 20,25 | 13,5 | 1870 | 1360 | 1230 | 0,66 | 0,90 | |
| 12 | 33 | 106,667 | 22,25 | 21,5 | 3520 | 2560 | 2153 | 0,61 | 0,84 | 0,85 |
| 13 | 33 | 146,667 | 23, | 27,5 | 4840 | 3520 | 2846 | 0,59 | 0,81 | |
| 14 | 35 | 65 | 19,75 | 16,5 | 2275 | 1560 | 1466 | 0,65 | 0,94 | |
| 15 | 35 | 120 | 21,50 | 25,5 | 4200 | 2880 | 2467 | 0,59 | 0,86 | 0,85 |
| 16 | 35 | 163,5 | 25, | 26,5 | 5728 | 3924 | 2981 | 0,52 | 0,76 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

*Observations et conséquences des expériences précédentes*, 1° *sur le rapport entre la puissance et l'effet des roues en-dessus.*

« La puissance effective de l'eau doit être calculée d'après sa descente totale, parce que ce liquide devrait être élevé à la hauteur d'où il est tombé, pour être capable de produire le même effet une seconde fois.

» Les rapports entre les puissances estimées ainsi, et les ef-

fets au maximum, déduits de plusieurs séries d'expériences, sont présentés dans la 9e colonne de la table; et on voit que, ces rapports varient depuis celui de 1 à 0,76 jusqu'à celui de 1 à 0,52, c'est-à-dire entre le rapport de 4 à 3 et celui de 4 à 2 à peu près. Dans celles de ces expériences pour lesquelles les colonnes d'écoulement et les quantités d'eau dépensées sont les plus petites, le rapport est à peu près celui de 4 à 3; mais dans celles où les colonnes d'écoulement et les dépenses d'eau sont les plus grandes, ce rapport approche de celui de 4 à 2; en prenant la moyenne générale, ce rapport est à peu près celui de 3 à 2.

» Nous avons vu, dans nos observations sur les effets des roues en-dessus que, le rapport général de la puissance à l'effet maximum, est celui de 3 à 1; donc *l'effet des roues en-dessus est moyennement double de celui des roues en-dessous établies sur les mêmes chutes, et dépensant la même quantité d'eau.*

» Une des conséquences qu'il faut tirer de là, c'est que, *les corps non élastiques, lorsqu'ils agissent par leur impulsion ou collision, ne communiquent qu'une partie de leur puissance primitive;* l'autre partie est dépensée par le changement de figure que le choc leur fait éprouver (1).

« Les puissances de l'eau, calculées d'après le diamètre de la roue seulement, étant comparées avec les effets, comme on le voit dans la 10e colonne, paraissent observer un rapport plus constant; car en prenant les termes moyens de chaque classe, inscrits dans la 11e colonne, les extrêmes ne diffèrent que de 0,81 à 0,85. Comme ces rapports augmentent graduellement par un accroissement de colonne d'écoulement de 3 à 11 *inches*, l'excès de 0,85 sur 0,81 doit être attribué à la supériorité de l'impulsion de l'eau de la colonne de 11 *inches*, sur celle due à la colonne de 3 *inches;* de sorte que, si nous

(1) Ces observations de l'auteur s'accordent avec la théorie établie § 44 et § 42. J'ajouterai que, les corps non élastiques, lorsqu'ils agissent par impulsion ou collision, ne communiquent que la moitié de leur puissance primitive, selon les lois du mouvement.

réduisons 0,81 à 0,80, à cause de l'impulsion due à la colonne de 3 *inches*, *le rapport de la puissance calculée d'après le diamètre de la roue seulement*, *sera à l'effet au maximum*, *comme* 10 : 8 *ou comme* 5 : 4 *à peu près*. De l'égalité du rapport de la puissance à l'effet résultant, lorsque les constructions sont semblables, nous devons conclure que, *les effets*, *aussi bien que les puissances*, *sont*, *comme les quantités d'eau dépensées*, *multipliées par le diamètre de la roue*. »

2° *Sur le diamètre de la roue qui convient le mieux à la descente totale.*

« Nous avons déjà vu, dans les observations précédentes que, l'effet d'une quantité d'eau qui décrit la même chute verticale, est double, quand ce liquide agit par sa propre gravité sur une roue en-dessus, de ce qu'il est quand il agit par son impulsion sur une roue en-dessous. Il paraît aussi qu'en augmentant la colonne d'écoulement de 3 à 11 *inches*, ou la descente totale de 27 à 35 *inches*, c'est-à-dire dans le rapport de 7 à 9 environ, le rapport ne croît que dans le rapport de 0,81 à 0,84 ou de 7 à 7,26; donc l'accroissement de l'effet ne correspond pas au $\frac{1}{7}$ de l'augmentation de la hauteur.

» Il suit de là que, *plus le diamètre de la roue est grand*, *relativement à la descente entière*, *plus l'effet est grand* ; parce qu'il dépend moins de l'impulsion de la colonne d'écoulement, que de la gravité de l'eau dans les augets. Si nous considérons combien la direction de l'eau affluente frappe obliquement les augets, nous pourrons facilement nous rendre compte du peu d'avantage que produit l'impulsion de ce liquide, et nous verrons de suite que, cette impulsion est de peu d'importance dans l'effet d'une roue en-dessus.

» Cependant cela a des limites, comme toutes choses, et *il est à désirer que l'eau affluente ait un peu plus de vitesse que la circonférence de la roue*, autrement cette roue ne sera pas seulement retardée par le choc des augets contre l'eau, mais ce

liquide lui-même sera projeté au-dehors, ce qui causera une perte de puissance.

» La vitesse que la circonférence de la roue doit avoir, étant connue d'après les considérations suivantes, on calculera facilement par les règles ordinaires de l'hydrostatique, la hauteur de la colonne d'écoulement capable de communiquer à l'eau la vitesse qui lui convient, et on la trouvera bien moindre qu'on ne le pratique ordinairement. »

3° *Sur la vitesse de la circonférence de la roue, correspondant au plus grand effet.*

« Si un corps tombe librement à partir de la surface de la colonne d'écoulement, il emploie un certain temps pour arriver jusqu'au bas de la chute; dans ce cas, toute l'action de la gravité est dépensée pour donner à ce corps une certaine vitesse; mais si, en tombant, ce corps agit sur un autre, de manière à produire un effet mécanique, il en est retardé; parce qu'une partie de l'action de la gravité sur le corps qui tombe est dépensée à la production de cet effet, et que la partie restante lui donne le mouvement. Ainsi, *plus un corps descend lentement, plus est grande la portion de l'action de la gravité qui s'applique à produire l'effet*, et par conséquent cet effet lui-même.

» De là nous sommes conduits à cette règle générale, que, *toutes choses égales d'ailleurs, moins la roue en-dessus aura de vitesse, plus l'effet sera grand.* Les exemples des séries d'expériences qui précèdent, fournissent la confirmation de ce principe, ainsi que les limites dans lesquelles son application est assujétie.

» D'après ces expériences, il résulte que, lorsque la roue faisait 20 tours par minute, l'effet était, à fort peu de chose près, le plus grand possible. Quand elle opérait 30 tours, l'effet diminuait de $\frac{1}{20}$; mais lorsqu'elle en faisait 40, il était moindre de $\frac{1}{4}$. Quand cette roue exécutait moins de 18 $\frac{1}{4}$ révolutions, aussi par minute, son mouvement était irrégulier, et lorsqu'elle

était chargée de manière à ne pas faire 18 tours, elle était entraînée par cette charge.

» Il est avantageux dans la pratique, de ne pas diminuer la vitesse de la roue plus qu'il ne faut pour procurer un avantage réel en puissance ; parce que, toutes choses égales d'ailleurs, plus le mouvement est lent, plus la capacité des augets doit être grande, et plus la roue est chargée d'eau ; de sorte que la pression sur toutes les parties du mécanisme en est proportionnellement augmentée.

» *Ainsi, la vitesse qu'il convient d'adopter dans la pratique, est celle qu'avait la roue essayée quand elle faisait* 30 *tours par minute, c'est-à-dire, lorsque la vitesse de sa circonférence était d'un peu plus de* 3 feet *par seconde.*

» L'expérience confirme que cette vitesse de 3 *feet* par seconde, est applicable aux roues en-dessus de la plus grande dimension, comme aux plus petites roues, et que si toutes les autres parties du mécanisme sont convenablement disposées, il produit le plus grand effet possible. Cependant il est certain, par expérience, que *les grandes roues en-dessus peuvent s'écarter de cette règle, plus que les petites, avant de perdre la même partie aliquote de leur puissance.*

» Une roue de 24 *feet* de diamètre peut se mouvoir à raison de 6 *feet* par seconde, sans perdre une grande partie de sa puissance ; et d'un autre côté, j'ai vu une roue de 33 *feet* de diamètre qui agissait très-régulièrement, avec une vitesse excédant de fort peu 2 *feet* (1). »

(1) Cette roue mettait probablement en activité des soufflets de forge ou de hauts fourneaux ; le mouvement lent et régulier de telles roues a souvent induit à erreur.

## § 69. Expériences de Smeaton sur la construction et sur les effets des ailes de moulin-à-vent (1).

*Smeaton* a fait aussi, à l'aide d'un modèle de moulin-à-vent, une série complète d'expériences, sur la puissance et sur les effets du vent agissant contre des ailes de moulins-à-vent de constructions diverses. Mais, comme le détail de ces expériences serait trop long pour le cadre de mon ouvrage, je n'en extrairai que les règles principales qui en découlent; elles seront non-seulement de quelque utilité aux constructeurs de moulins, mais elles serviront encore à confirmer quelques-uns des principes déduits des expériences de *Smeaton* sur les moulins à eau.

« En faisant des expériences sur les ailes de moulin-à-vent, il ne faut pas compter sur le vent lui-même, à cause de son instabilité; il faut avoir recours à un vent artificiel.

» Un tel vent peut être obtenu de deux manières, soit en faisant agir l'air contre la machine, soit en faisant mouvoir la machine contre l'air. Il n'est pas aisé de faire agir contre la machine un volume d'air suffisant, avec la régularité et la vitesse nécessaires. Pour faire avancer la machine en ligne droite contre l'air, il faudrait un emplacement beaucoup plus grand que je ne pus me le procurer. Ce que j'ai trouvé de plus praticable a été de faire mouvoir progressivement et tangentiellement autour de la circonférence d'un grand cercle, l'arbre sur lequel les voiles doivent être fixées; c'est sur cette idée que fut construite la machine d'essai (2). »

(1) Observations lues le 1[er] mai et le 11 juin 1759 à la Société de Physique de Londres.

(2) Je ne crois point devoir donner ici le dessin de cette machine; mais je dirai qu'elle était construite de manière à élever un poids, comme cela avait lieu dans le modèle des roues hydrauliques, afin de mesurer la valeur de l'effet de la puissance. Je rapporterai un exemple d'une série d'expériences qui, peut-être, seraient mieux comprises avec l'explication entière de la machine.

*Exemple d'une série d'expériences.*

Rayon ou longueur totale des ailes, 21 *inches*.
Longueur des ailes, couverte de toile, 18 *inches*.
Largeur des ailes, 5,6 *inches*.
Angle à l'extrémité............10 degrés. } (1).
Angle de plus grande inclinaison, 25 degrés. }
Vingt tours des ailes élèvent le plateau de 11,3 *inches*.
Vitesse progressive de l'axe des ailes autour de la circonférence du grand cercle, par seconde, 6 *feet*.

Durée de l'expérience, 52 secondes.

| N° | Poids dans le plateau en *pounds*. | Tours. | Produits. | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 108 | 0 | |
| 2 | 6 | 85 | 110 | |
| 3 | 6,5 | 81 | 526,5 | |
| 4 | 7 | 78 | 546 | |
| 5 | 7,5 | 73 | 547,5 | maximum. |
| 6 | 8 | 65 | 520 | |
| 7 | 9 | 0 | 0 | |

« *N. B.* Le poids du plateau et de la poulie était de 3 *ounces*, et lorsqu'un poids de 1 *ounce* était suspendu à l'un des rayons des ailes, à 12,5 *inches* de leur axe de rotation, il surmontait le frottement, et entraînait le plateau chargé de 7,5 *pounds*. Ce même poids étant suspendu à la distance de 14,95 *inches*, surmontait la même résistance, plus 9 *pounds* dans le plateau. »

Les produits s'obtiennent en multipliant le poids dans le plateau, par le nombre de tours.

(1) Dans les expériences suivantes, l'angle des ailes est compté à partir du plan de leur mouvement; ainsi lorsqu'elles font un angle droit avec l'axe de rotation, leur angle est côté 0 degrés. Cette notation est conforme au langage des praticiens, qui nomment *airage* des ailes, l'angle ainsi compté. Ils disent que l'*airage* est grand ou petit selon que cet angle est plus ou moins grand.

Il résulte de cette série d'expériences que, la vitesse maximum est les $\frac{2}{3}$ de la plus grande vitesse, et que le rapport de la plus grande charge à celle du maximum est celui de 9 à 7,5; mais en ajoutant à ces poids, le poids du plateau et le frottement, le rapport mentionné devient celui de 10 à 8,4, ou de 5 à 4 à peu près.

La table suivante présente les résultats de dix-neuf séries d'expériences semblables aux précédentes; elle montre que, le rapport le plus général, entre la vitesse des ailes non chargées et leur vitesse quand elles sont chargées au maximum, est celui de 3 à 2 environ.

Que le rapport entre le plus grand poids et le poids au maximum, dans les expériences où les ailes réussirent le mieux, est moyennement celui de 6 à 5; et que le genre d'ailes employé dans les 15e et 16e expériences est le meilleur de tous, parce qu'il conduit aux plus grands effets, ou produits, proportionnellement à leur quantité de surface, comme on le voit dans la 12e colonne.

*Table contenant les résultats de dix-neuf séries d'expériences faites sur les ailes de moulin-à-vent, de forme, de position et de surface différentes.*

| Espèce d'ailes éprouvées. | Numéros. | Inclinaison de l'extrémité des ailes. | Plus grand angle. | Nombre de révolutions des ailes. | | Charge. | | Produit. | Surface des ailes. | Vitesse au maximum, la plus grande étant prise pour l'unité. | Charge au maximum, la plus grande étant prise pour l'unité. | Rapport de la surface au produit. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Sans charge. | Chargées au maximum d'effet. | Au maximum d'effet. | La plus grande. | | | | | |
| | | degrés. | degrés. | | | pounds. | pounds. | | inches carrés. | | | |
| I. | 1 | 35 | 35 | 66 | 42 | 7,56 | 12,59 | 318 | 404 | 0,70 | 0,60 | 0,79 |
| II. | 2 | 12 | 12 | | 70 | 6,3 | 7,56 | 441 | 404 | | 0,83 | 1,01 |
| | 3 | 15 | 15 | 105 | 69 | 6,72 | 8,12 | 464 | 404 | 0,66 | 0,83 | 1,015 |
| | 4 | 18 | 18 | 96 | 66 | 7 | 9,81 | 462 | 404 | 0,70 | 0,71 | 1,015 |
| III. | 5 | 9 | 26,5 | | 66 | 7 | | 462 | 404 | | | 1,14 |
| | 6 | 12 | 29,5 | | 70,5 | 7,35 | | 518 | 404 | | | 1,28 |
| | 7 | 15 | 32,5 | | 63,5 | 8,3 | | 527 | 404 | | | 1,30 |
| IV. | 8 | 0 | 15 | 120 | 93 | 4,75 | 5,31 | 442 | 404 | 0,77 | 0,89 | 1,10 |
| | 9 | 3 | 18 | 120 | 79 | 7 | 8,12 | 553 | 404 | 0,66 | 0,86 | 1,37 |
| | 10 | 5 | 20 | | 78 | 7,5 | 8,12 | 585 | 404 | | 0,92 | 1,45 |
| | 11 | 7,5 | 22,5 | 113 | 77 | 8,3 | 9,81 | 639 | 404 | 0,68 | 0,85 | 1,58 |
| | 12 | 10 | 25 | 108 | 73 | 8,69 | 10,37 | 634 | 404 | 0,68 | 0,84 | 1,57 |
| | 13 | 12 | 27 | 100 | 76 | 8,41 | 10,94 | 580 | 404 | 0,66 | 0,77 | 1,44 |
| V. | 14 | 7,5 | 22,5 | 123 | 75 | 10,65 | 12,59 | 799 | 505 | 0,61 | 0,85 | 1,58 |
| | 15 | 10 | 25 | 117 | 74 | 11,08 | 13,69 | 820 | 505 | 0,63 | 0,81 | 1,62 |
| | 16 | 12 | 27 | 114 | 66 | 12,09 | 14,23 | 799 | 505 | 0,58 | 0,84 | 1,58 |
| | 17 | 15 | 30 | 96 | 63 | 12,09 | 14,79 | 762 | 505 | 0,66 | 0,82 | 1,51 |
| VI. | 18 | 12 | 22 | 105 | 64,5 | 16,42 | 27,87 | 1059 | 854 | 0,61 | 0,59 | 1,20 |
| | 19 | 12 | 22 | 99 | 64,5 | 18,06 | | 1165 | 1147 | 0,59 | | 1,01 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

**I.** Ailes planes, disposées sous un angle de 55 degrés, suivant *Parent*.

**II.** Ailes planes, *airées* selon la pratique ordinaire.

**III.** Ailes *airées* selon le théorême de *Maclaurin*.

**IV.** Ailes *airées* à la manière hollandaise, et placées dans diverses positions.

**V.** Ailes *airées* à la manière hollandaise, mais élargies vers les extrémités.

**VI.** Huit ailes, en forme de secteurs elliptiques, dans leurs meilleures positions.

*Sur la meilleure forme et sur la meilleure position des ailes de moulin-à-vent.*

On voit, par les nombres inscrits dans la 8e colonne de la table précédente que, les ailes planes de l'espèce I, ou disposées de manière à former avec l'axe de rotation un angle de 55 degrés, soit un angle de 35 degrés avec le plan du mouvement, comme *Parent* le recommande, donnent lieu au plus petit produit formé en multipliant entre eux les nombres des 5e et 6e colonnes, et au plus petit rapport de la colonne 12e.

En disposant ces ailes planes comme pour l'espèce II, c'est-à-dire sous un angle de 15 à 18 degrés avec le plan du mouvement, ou de 72 à 75 degrés avec l'axe de rotation, le produit considéré est augmenté dans le rapport de 318 à 463; aussi les praticiens *airent*-ils les ailes planes de cette manière.

*Maclaurin* a remarqué qu'il faut faire varier l'angle d'*airage* des ailes, à partir de l'axe de rotation jusqu'à leur extrémité, et de telle sorte qu'en représentant par $a$ la vitesse du vent, et par $c$ la vitesse d'un point quelconque de l'aile, la tangente de l'angle d'incidence du vent soit au rayon, comme $\frac{3c}{2a}+\sqrt{2+\frac{9c^2}{4a^2}}$ est à 1, pour que l'effort du vent sur le point de l'aile considéré, soit le plus grand possible. L'espèce d'aile III, a été construite d'après cette formule, en adoptant pour les points situés au milieu de sa longueur, un angle moyen de 15° 41′; en divisant la longueur de l'aile en six parties égales, le calcul donne aux points de division et à partir de l'axe, les angles suivans :

| Points de division. | Angles en degrés et minutes, avec l'axe de rotation. | le plan du mouvement. |
|---|---|---|
| 0 axe. | | |
| 1 . . . . . . . . . . | 63° 26'. . . . . . | 26° 54' |
| 2 . . . . . . . . . . | 69° 54'. . . . . . | 20° 6' |
| 3 milieu. . . . . . | 74° 19'. . . . . . | 15° 41' |
| 4 . . . . . . . . . . | 77° 20'. . . . . . | 12° 40' |
| 5 . . . . . . . . . . | 79° 27' . . . . . | 10° 53' |
| 6 extrémité. . . . | 81 . . . . . . . . | 9° |

L'expérience a prouvé que, pour ces ailes, convexes vers le vent, comme pour celles qui sont planes, une variation de 1 ou 2 degrés dans l'inclinaison, n'influe que très-peu sur l'effet, quand cette inclinaison approche de la position la plus avantageuse.

Les Hollandais forment la surface de l'aile, de telle sorte qu'en diminuant l'angle d'inclinaison de ses élémens, à partir du milieu de cette aile vers son extrémité, elle présente néanmoins au vent une surface concave. Telle était l'espèce d'aile désignée par IV, dans laquelle le barreau du milieu faisait, avec celui du bout, disposé dans le plan du mouvement, un angle de 12 degrés : le plus grand angle, qui existait au tiers de la longueur de l'aile à partir de l'axe de rotation, était de 15 degrés. Ces ailes ayant été disposées de manière que leur élément extrême fît, avec le plan du mouvement, un angle de 7,5 degrés, on obtint les nombres désignés n° 12 ; d'où l'on déduit que leur effet fut alors dans le rapport de 11 à 9, relativement à celui des ailes à la *Maclaurin*.

*Smeaton* assure avoir reconnu, après plusieurs essais en grand, que les ailes satisfaisant aux angles suivans, donnent les résultats les plus avantageux.

La longueur de l'aile est supposée divisée en six parties; la première division, à partir de l'axe, est cotée 1 et l'extrémité 6.

| Points de division. | Angles en degrés, avec | |
|---|---|---|
| | l'axe de rotation. | le plan du mouvement. |
| 0 centre. | | |
| 1 . . . . . . . . | 72 . . . . . . . . | 18 |
| 2. . . . . . . . . | 71 . . . . . . . . | 19 |
| 3, milieu. . . . | 72 . . . . . . . . | 18 |
| 4 . . . . . . . . | 74 . . . . . . . . | 16 |
| 5 . . . . . . . . | 77,5. . . . . . . | 12,5 |
| 6 extrémité. . . . | 83 . . . . . . . . | 7 |

*Smeaton* paraît préférer que les ailes soient plus larges aux extrémités que vers l'axe de rotation. Ayant en effet élargi les ailes hollandaises désignées sous l'espèce V, en leur ajoutant une voile triangulaire de même longueur et d'une base égale à la moitié de leur largeur, ce qui augmenta leur surface dans le rapport de 5 à 4, le produit fut augmenté dans une proportion plus grande que celle de ces nombres, quand chaque élément transversal de l'aile faisait avec le plan du mouvement, un angle plus grand de 2,5 degrés, que celui trouvé le plus avantageux avant l'addition de la voile triangulaire. Aussi la colonne 12ᵉ montre que, pour la 15ᵉ expérience, le rapport de l'effet produit à la surface de l'aile, est 1,62, valeur la plus grande que ce rapport ait atteint.

Les expériences faites avec les ailes de l'espèce désignée par VI, et ayant la forme d'un secteur d'ellipse, avaient pour but de faire voir qu'il est peu avantageux d'augmenter au-delà d'une certaine limite, la surface exposée à l'action du vent; non-seulement l'effet produit ne croît pas dans le même rapport que cette surface augmente, mais dans l'expérience nº 19, pour laquelle la surface totale des ailes n'était que les 7/8 de celle du cercle circonscrit, cependant, l'effet diminuait plutôt qu'il n'augmentait avec la surface des ailes. Les rapports correspondans, inscrits dans la 12ᵉ colonne, sont au-dessous de ceux relatifs aux trois sortes d'ailes qui précèdent.

*Table contenant le résultat de six séries d'expériences faites pour déterminer la différence d'effet d'après la vitesse du vent.*

| Numéros. | Angle à l'extrémité. | Vitesse du vent produit, par seconde. | Nombre de tours des ailes. Non chargées. | Nombre de tours des ailes. Chargées au maximum. | Charge, Au maximum. | Charge, La plus grande. | Produit. | Maximum de charge pour la moitié de la vitesse. | Nombre de révolutions des ailes, correspondant. | Produit de la plus petite charge et de la plus grande vitesse. | Rapport des deux produits. | Vitesse au maximum, la plus grande étant prise pour l'unité. | Charge au maximum, la plus grande étant prise pour l'unité. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | degrés. | feet. | | | pounds. | pounds. | | pounds. | | | | | |
| 1 | 5 | 4,375 | 96 | 66 | 4,47 | 5,37 | 295 | | | | | 0,69 | 0,83 |
| 2 | 5 | 8,750 | 207 | 122 | 16,42 | 18,06 | 2003 | 4,47 | 180 | 805 | 2,73 | 0,59 | 0,91 |
| 3 | 7,5 | 4,375 | | 65 | 4,62 | | 300 | | | | | | |
| 4 | 7,5 | 8,750 | | 130 | 17,52 | | 2278 | 4,62 | 180 | 832 | 2,78 | | |
| 6 | 10 | 4,375 | 91 | 61 | 5,03 | 5,87 | 307 | | | | | 0,67 | 0,85 |
| 5 | 10 | 8,750 | 178 | 110 | 18,61 | 21,34 | 2047 | 5,03 | 158 | 795 | 2,60 | 0,62 | 0,87 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

*N. B.* Les ailes étaient de la grandeur et du genre de celles des nos 10, 11 et 12 de la table précédente. Durée de l'expérience, une minute.

*Sur les effets des ailes suivant les différentes vitesses du vent.*

« Les règles suivantes sont déduites de la table qui précède.

» *Règle* I. La vitesse des ailes de moulin-à-vent, soit qu'elles tournent sans charge, soit qu'elles produisent le maximum d'effet, est à peu près proportionnelle à la vitesse du vent, leur forme et leur position restant la même.

» Ceci est évident si l'on compare convenablement entre eux les nombres des 4e et 5e colonnes de la table; les nos 2,

4 et 6 doivent être doubles des nos 1, 3 et 5, et ils le sont autant qu'on peut s'y attendre dans ces sortes d'expériences.

» *Règle* II. La charge au maximum est à peu près, mais un peu moins que proportionnelle au carré de la vitesse du vent, la forme et position des ailes étant les mêmes.

» On voit cela en comparant les nos 2, 4 et 6 de la colonne 6e avec les nos 1, 3, et 5; les premiers nombres devraient être quadruples des derniers, puisque la vitesse est double, et ils le sont à peu près.

» *Règle* III. Les effets des mêmes ailes au maximum, sont à peu près comme les cubes de la vitesse du vent (1).

D'après la règle I, la vitesse des ailes au maximum est à peu près comme la vitesse du vent; et d'après la règle II, la charge aussi au maximum est à peu près comme le carré de la même vitesse. Si donc ces deux règles étaient rigoureusement vraies, il faudrait en conclure que, l'effet est proportionnel au cube de la vitesse du vent.

» L'on verra comment cela s'accorde avec l'expérience, en comparant entre eux les produits de la colonne 8, dont ceux nos 2, 4 et 6 devraient être octuples de ceux nos 1, 3 et 5, ou à peu près, parce qu'ils correspondent à des vitesses doubles.

» *Règle* IV. La charge des mêmes ailes au maximum, est à peu près comme les carrés, et leur effet comme les cubes des nombres de leurs révolutions dans un temps donné.

» Cette règle, qui peut être regardée comme une conséquence des trois précédentes, est confirmée par les nombres inscrits dans les colonnes 6 et 8, et relatifs aux 3e et 4e expériences, qui méritent plus de confiance que les autres; elle doit être appliquée à la pratique sans restriction. »

Ces quatre règles s'accordent avec celles qui concernent les effets des liquides en mouvement, agissant sur les moulins en-dessous, et les confirment. Je pense aussi qu'elles con-

(1) Ceci confirme la 7e loi de l'écoulement des liquides.

firment suffisamment cette loi du mouvement, que l'effet produit, mais non pas le momentum instantané d'un corps en mouvement, est proportionnel au carré de sa vitesse, ainsi que les physiciens hollandais et italiens l'ont avancé.

« *Règle* V. Lorsque les ailes sont chargées de manière à produire le maximum d'effet, pour une vitesse donnée, et que la vitesse du vent augmente tandis que la charge reste la même; 1° l'accroissement de l'effet, quand celui de la vitesse du vent est peu de chose, est proportionnel au carré de cette vitesse; 2° si la vitesse du vent devient double, les effets seront à peu près comme 1 à 2,75; 3° enfin, lorsque les vitesses comparées seront plus du double de celle qui, pour la charge donnée, produit le maximum, les effets croîtront proportionnellement à la vitesse du vent.

» On voit par là que, les moulins-à-vent employés à élever de l'eau pour les arrosemens, perdent beaucoup de leur effet quand ils agissent contre une résistance constante. »

*Sur les effets des ailes de différentes grandeurs, de forme et de position semblables, la vitesse du vent étant la même.*

« *Règle* VI. Le nombre de révolutions que des ailes semblables de forme et de position, effectuent dans un temps donné, est en raison inverse de la longueur de ces ailes.

» Parce que les parties des ailes également inclinées sur le plan de leur mouvement, acquièrent une vitesse proportionnelle à celle du vent; et qu'ainsi les extrémités de toutes les ailes semblables, sollicitées par le même vent, ont la même vitesse absolue.

» *Règle* VII. La charge au maximum, que des ailes de forme et de position semblables peuvent vaincre, à une distance donnée de l'axe de rotation, est comme le cube de la longueur de ces ailes.

» Parce que l'action du vent sur les ailes, est proportionnelle au carré des dimensions homologues, et au bras de le-

vier correspondant au point où on peut la supposer appliquée.

*Règle* VIII. L'effet des ailes de forme et de position semblables, est proportionnel au carré de leur longueur.

» Cette règle est une conséquence de la précédente, et de la règle VI.

» Il suit de là, qu'en augmentant la longueur des ailes sans augmenter leur voilure, on n'accroît point la puissance; parce que ce que l'on gagne en allongeant le levier, est perdu par le ralentissement de la vitesse de rotation.

» Si l'on augmente la longueur des ailes, sans toucher à leur largeur, l'effet croît comme cette longueur. »

*Sur la vitesse des extrémités des ailes, comparée à celle du vent.*

« *Règle* IX. La vitesse des extrémités, tant des *ailes à la hollandaise*, que des *ailes élargies*, dans leurs positions usitées, soit que ces ailes tournent sans charge, soit qu'elles produisent le maximum d'effet, est considérablement plus rapide que la vitesse du vent.

» L'expérience prouve qu'en représentant par 1, la vitesse du vent, celle des extrémités

| | sans charge | chargées. |
|---|---|---|
| des ailes hollandaises dans leur position ordinaire, est. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,2 | 3,3 |
| des ailes hollandaises dans leur meilleure position, est. . . . . . . . . . . . . . . . . | 4, | 2,7 |
| des ailes élargies dans leur meilleure position, est. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 | 2,6 » |

On peut donc mesurer la vitesse du vent, par l'observation de la vitesse des extrémités des ailes des moulins-à-vent. Il suffit en effet, de diviser cette dernière vitesse par celui des nombres précédens convenable, et le quotient sera la vitesse du vent cherchée.

*Table contenant la vitesse et la force du vent suivant ses noms ordinaires.*

| Vitesse du vent. *milles* par heure. | Vitesse du vent. *feet* par seconde. | Force sur 1 *foot* carré de surface verticale, en *pounds avoirdupois.* | Désignation vulgaire de la force du vent. |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.47 | .005 | A peine sensible. |
| 2<br>3 | 2.93<br>4.40 | .020<br>.044 | Sensible. |
| 4<br>5 | 5.87<br>7.33 | .079<br>.123 | Vent frais. |
| 10<br>15 | 14.67<br>22.00 | .492<br>1.107 | Brise gaie. |
| 20<br>25 | 29.34<br>36.67 | 1.968<br>3.075 | Forte brise. |
| 30<br>35 | 44.01<br>51.34 | 4.429<br>6.027 | Grand vent. |
| 40<br>45 | 58.68<br>66.01 | 7.873<br>9.963 | Vent impétueux. |
| 50 | 73.35 | 12.300 | Bourasque ou tempête. |
| 60 | 88.02 | 17.715 | Grande tempête. |
| 80 | 117.36 | 31.490 | Ouragan. |
| 100 | 146.70 | 49.200 | Ouragan qui déracine les arbres, renverse les édifices, etc. |

Cette table a été dressée et communiquée à *Smeaton*, par M. *Rouse.*

*Sur l'effet absolu produit par l'action d'un vent, d'une vitesse connue, sur des ailes de grandeur et de construction donnée.*

En admettant, avec *Desaguliers*, qu'un homme travaillant pendant plusieurs heures de suite, peut élever 1 *hogshead* de 63 *gallons* (*ale*) d'eau, pesant 640 *pounds avoirdupois*, à la hauteur de 10 *feet* par minute; *Smeaton* a déduit de ses expériences que, pour avoir la force d'un homme par un *vent bon frais* parcourant 12,66 *feet* par seconde, la longueur totale d'une aile hollandaise, dans sa position ordinaire, doit être de. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 9,5 *feet*.

Celle d'une aile hollandaise, dans sa meilleure position, doit être de. . . . . . . . . . . . . . . 8

Celle d'une aile élargie dans sa meilleure position, doit être de. . . . . . . . . . . . . . . . . 7

Ainsi, la force d'une aile élargie, de 30 *feet* de longueur, serait égale à celle de 18,3 hommes ou 3,66 chevaux, tandis que la force d'une aile hollandaise, dans sa position ordinaire, équivaut à peine à la puissance de 10 hommes ou de 2 chevaux.

*Smeaton* a observé que, dans un moulin-à-vent appliqué à la fabrication de l'huile, des ailes élargies, de 30 *feet* de longueur, faisaient faire sept tours par minute à deux meules verticales pour écraser la graine de navette, en effectuant 11 révolutions par minute, ce qui suppose la vitesse du vent de 13 *feet* par seconde. Deux chevaux employés à mouvoir ces mêmes meules, ne leur faisaient faire que 3,5 tours dans le même temps.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

# SECONDE PARTIE.

## DES DIVERSES SORTES DE MOULINS.

### § 70. Des moulins en-dessous.

Ce que j'ai dit dans la première Partie a eu pour objet d'établir des théories et des règles faciles, dont je vais actuellement montrer l'application à la pratique. Je ferai tous mes efforts pour être concis, et je ne renverrai aux § précédens que lorsqu'ils fourniront des explications ou des démonstrations.

Cette seconde partie est spécialement destinée à aider les jeunes constructeurs de moulins, auxquels leurs occupations ne laissent pas le temps d'approfondir les principes des théories, dont l'examen exige de plus longues séries d'études que les intérêts de beaucoup d'entre eux ne leur permettent de faire. Je tâcherai donc de réduire la substance de tout ce qui a été dit, à un petit nombre de tables, de règles et d'instructions qui, si on trouve qu'elles s'accordent avec l'expérience, seront suffisantes pour le praticien.

Les roues en-dessous sont mues par la percussion ou choc de l'eau, et n'ont que la moitié de la puissance des roues qui sont mues par la gravité de ce liquide. Voyez § 8. Ainsi on ne doit les employer que lorsqu'on a, soit une petite chute, soit une grande quantité d'eau. Les roues en-dessous, comme tous les *récepteurs hydrauliques* qui sont mus par per-

cussion, doivent tourner avec une vitesse égale aux deux tiers de la vitesse de l'eau. Voyez § 42, la figure 36 représente une roue de cette espèce.

Pour ce qui est de la règle servan à trouver la vitesse de l'eau, sous la pression d'une colonne d'écoulement quelconque, voyez le § 51.

C'est sur ces principes, et d'après la règle donnée dans ce paragraphe, qu'est formée la table suivante de la vitesse de l'eau s'écoulant sous la pression de colonnes d'eau données depuis 1 jusqu'à 25 *feet*, au-dessus du centre de l'orifice. On a joint à cette table la vitesse qui convient à la roue, et le nombre de révolutions qu'une roue de 15 *feet* de diamètre doit faire par minute; ainsi que le nombre de dents et de fuseaux que les rouets et les lanternes doivent porter, soit pour un engrenage simple, soit pour un engrenage double, afin que cet engrenage communique de 97 à 100 révolutions par minute, à une meule de 5 *feet* de diamètre; mouvement et dimension que je regarde, aussi bien que celle de 15 *feet* pour le diamètre de la roue en-dessous, comme propres à la confection de la farine du commerce.

Afin que le lecteur comprenne parfaitement comment la table suivante est calculée, il doit observer :

1°. Que, selon le § 42, la vitesse d'une roue en-dessous doit égaler les 0,577 de la vitesse de l'eau; ainsi si la vitesse de l'eau, par seconde, est multipliée par 0,577, le produit sera le maximum de vitesse qu'il faut donner à la circonférence de la roue, c'est-à-dire la vitesse qui produira le plus grand effet : elle est inscrite dans la 3e colonne de la table;

2° Que la vitesse de la circonférence de la roue par seconde, multipliée par 60, fournit l'espace que parcourent, durant une minute, les points de cette circonférence; en divisant cette vitesse par 47,1 *feet*, circonférence d'une roue de 15 *feet* de diamètre, on obtient le nombre de révolutions que cette roue doit faire par minute, lequel est inscrit dans la 4e colonne;

3° Que, d'après les § 20 et 74, les nombres de révolutions

de la roue par minute, multipliés successivement par les nombres de dents de toutes les roues *menantes*, et divisés par les produits des nombres de dents de toutes les roues *menées*, multipliés successivement, donnent pour quotiens les nombres de révolutions des meules par minute, inscrits dans les 9e et 12e colonnes ;

4° Que le nombre de *cubochs* de puissance, nécessaire pour faire agir la meule, étant, d'après le § 61, égal à 111,78 par seconde, en le divisant par la colonne virtuelle ou effective, c'est-à-dire par la somme de la moitié de la colonne d'écoulement, ajoutée à la chute s'il en reste, on obtient, en *feet* cubes, la quantité d'eau nécessaire par seconde, consignée dans la 13e colonne ; voyez § 61 ;

5° Que la quantité d'eau nécessaire, étant divisée par la vitesse avec laquelle ce liquide doit s'écouler, donne pour quotient l'aire de l'ouverture de la vanne, inscrite dans la 14e colonne ;

6° Que la quantité d'eau nécessaire, divisée par la vitesse que ce liquide doit avoir dans le canal d'alimentation du moulin, donne l'aire de la section transversale de ce canal, formant la 15e colonne.

7° Qu'ayant obtenu ces aires, il est facile, d'après le § 65, de déterminer la largeur et la profondeur que peuvent exiger d'autres circonstances.

*Table du constructeur de moulins, pour les moulins en-dessous, calculée pour une roue hydraulique en-dessous, de 15 feet de diamètre, et des meules de 5 feet de diamètre.*

| Colonne d'eau en-dessus du point d'impulsion. | Vitesse de l'eau, par seconde, au point d'impulsion. | Vitesse de la roue, par seconde, sous la charge au maximum. | Nombre de révolutions d'une roue hydraulique en-dessous de 15 *feet* de diamètre, par minute. | Moulin à double engrenage. Nombre de dents dans le grand rouet. | Nombre de fuseaux dans la lanterne de rencontre. | Nombre de dents dans le hérisson. | Nombre de fuseaux dans la petite lanterne. | Nombre de révolutions des meules, par minute. | Moulin à simple engrenage. Nombre de dents dans le rouet. | Nombre de fuseaux dans la lanterne. | Nombre de révolutions des meules, par minute. | Volume d'eau nécessaire, par seconde, pour activer une meule de 5 *feet* de diamèt., à 97 révolutions par minute. | Aire de l'ouverture de la vanne, ou plutôt de la section de la lame d'eau au point d'impulsion. | Aire de la section du canal d'alimentation du moulin, la vitesse de l'eau étant de 1,5 *feet* par seconde. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *feet.* | *feet.* | *feet.* | | | | | | | | | | *feet* cubes. | *feet* carrés. | *feet* carrés. |
| 1 | 8,10 | 4,67 | 5,94 | 112 | 22 | 54 | 16 | 101,6 | | | | 223,50 | 27,50 | 149 |
| 2 | 11,40 | 6,57 | 8,36 | 96 | 23 | 51 | 19 | 99 | | | | 111,78 | 9,80 | 74,50 |
| 3 | 14 | 8,07 | 10,28 | 88 | 25 | 54 | 19 | 100,5 | | | | 74,52 | 4,60 | 43 |
| 4 | 16,20 | 9,34 | 11,19 | 78 | 23 | 48 | 20 | 97 | | | | 55,89 | 3,45 | 37,26 |
| 5 | 18 | 10,38 | 13,22 | 66 | 24 | 48 | 18 | 97 | 112 | 15 | 98,66 | 44,70 | 2,48 | 29,80 |
| 6 | 19,84 | 11,44 | 14,60 | 66 | 24 | 48 | 20 | 96,2 | 112 | 17 | 96,2 | 37,26 | 1,90 | 24,84 |
| 7 | 21,43 | 12,36 | 15,74 | 66 | 25 | 44 | 19 | 96,2 | 104 | 17 | 96,2 | 31,90 | 1,48 | 21,26 |
| 8 | 22,80 | 13,15 | 16,75 | 66 | 25 | 44 | 20 | 97,2 | 96 | 16 | 100 | 27,94 | 1,22 | 18,60 |
| 9 | 24,30 | 14,02 | 17,86 | 66 | 26 | 42 | 19 | 100,2 | 96 | 17 | 100,8 | 24,84 | 1,02 | 16,56 |
| 10 | 25,54 | 14,73 | 18,78 | 60 | 25 | 44 | 20 | 99 | 96 | 18 | 100 | 22,89 | 0,90 | 15,26 |
| 11 | 26,75 | 15,42 | 19.70 | 60 | 26 | 44 | 20 | 100 | 96 | 19 | 99,5 | 20,32 | 0,76 | 13,54 |
| 12 | 28 | 16,16 | 20,50 | 60 | 27 | 44 | 20 | 100 | 96 | 20 | 98,4 | 18,65 | 0,66 | 12,42 |
| 13 | 29,16 | 16,82 | 21,42 | 60 | 27 | 42 | 20 | 99,8 | 96 | 21 | 102,6 | 16,27 | 0,56 | 10,80 |
| 14 | 30,20 | 17,42 | 22,19 | 60 | 28 | 42 | 20 | 99 | 88 | 20 | 97,63 | 15,94 | 0,53 | 10,60 |
| 15 | 31,34 | 18,08 | 23,05 | 60 | 29 | 42 | 20 | 99 | 88 | 21 | 96,5 | 14,90 | 0,47 | 9,93 |
| 16 | 32,40 | 18,69 | 23,80 | | | | | | 88 | 21 | 99,7 | 13,97 | 0,43 | 9,31 |
| 17 | 33,32 | 19,22 | 24,48 | | | | | | 84 | 21 | 97,9 | 13,14 | 0,39 | 8,76 |
| 18 | 34,34 | 19,81 | 25,23 | | | | | | 80 | 21 | 96,1 | 12,42 | 0,36 | 8,28 |
| 19 | 35,18 | 20,29 | 25,82 | | | | | | 80 | 21 | 98,3 | 11,76 | 0,33 | 7,84 |
| 20 | 36,20 | 20,88 | 26,60 | | | | | | 78 | 21 | 98,3 | 11,17 | 0,30 | 7,40 |
| 21 | 37,11 | 21,41 | 27,26 | | | | | | 78 | 22 | 97 | 10,64 | 0,29 | 7,10 |
| 22 | 37,98 | 21,86 | 27,84 | | | | | | 78 | 22 | 98,6 | 10,16 | 0,26 | 6,77 |
| 23 | 38,79 | 22,38 | 28,50 | | | | | | 72 | 21 | 97,7 | 9,72 | 0,25 | 6,48 |
| 24 | 39,69 | 22,90 | 29,17 | | | | | | 66 | 20 | 96,2 | 9,32 | 0,23 | 6,21 |
| 25 | 40,50 | 23,36 | 29,75 | | | | | | 60 | 18 | 99 | 8,94 | 0,22 | 5,96 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

Il faut observer qu'une chute de 5 *feet* est la moindre de celles sur lesquelles on doive établir un moulin à simple engrenage, si l'on veut que le *grand rouet* ne plonge pas dans l'eau, tout en transmettant à la meule un mouvement de rotation convenable.

Quoique les moulins à double engrenage soient calculés, dans la table, jusqu'à 15 *feet* de chute, cependant je ne les recommande pas quand la chute a plus de 10 *feet*, à moins que quelque circonstance particulière ne l'exige; comme quand il faut faire mouvoir deux paires de meules par une même roue hydraulique, etc. Les nombres de dents sont réglés et choisis de manière à ce qu'aucune d'elles ne puisse correspondre aux extrémités des rais ou *embrasures* des rouets, supposées être au nombre de quatre ou de six, comme on l'observe ordinairement dans la pratique. Mais, lorsque le mouvement ne peut pas être obtenu sans une *lanterne*, dont les fuseaux rencontrent trop souvent les mêmes dents du rouet, comme cela a lieu quand la lanterne a 16 fuseaux et le rouet 96 dents, auquel cas le même fuseau rencontre les mêmes dents du rouet à chaque révolution que celui-ci exécute; ou encore, comme cela arrive, quand la lanterne porte 18 fuseaux et le rouet 96 dents, cas auquel il y a rencontre des mêmes dents et fuseaux à chaque troisième révolution; je conseille de supprimer ou d'ajouter soit une dent, soit un fuseau à l'une ou à l'autre de ces roues, selon ce qui conviendra le mieux au mouvement, ou ce qui fera varier plus souvent les rencontres. Voyez § 82.

Notez que le frottement de l'eau contre les bords de l'ouverture de la vanne, diminuera beaucoup et la vitesse et la puissance de l'eau, dans cette application, quand la colonne d'écoulement sera considérable, et que l'ouverture de vanne aura la largeur et le peu de hauteur qu'on a coutume de lui donner. Là où la colonne d'eau est grande, le frottement l'est aussi, § 55; c'est pourquoi les roues en-dessous doivent être faites étroites, et l'ouverture de la vanne de forme carrée, pour éviter tant le frottement que la perte d'eau qui a lieu sous une

roue large, si elle ne joint pas bien, par le bas, contre le coursier.

*Usage de la table.*

Supposons qu'ayant nivelé avec soin votre emplacement de moulin, vous avez reconnu que la quantité d'eau et la chute conviennent à une roue en-dessous ; que, par exemple, cette chute est de 6 *feet*, et la quantité d'eau de 45 *feet* cubes par seconde, ce que vous trouverez comme il est enseigné dans le § 53. Déduisez 1 *foot* pour le ressaut du coursier au-dessous de la roue, si l'eau d'aval est sujette à refluer, ce qui vous laissera une colonne d'écoulement de 5 *feet*, que vous trouverez inscrite dans la première colonne de la table, et vous verrez à la suite, sur la même ligne, toutes les données nécessaires à la construction du moulin, en employant une roue hydraulique en-dessous de 15 *feet* de diamètre, et des meules de 5 *feet*. Le nombre 44,7, inscrit dans la 13[e] colonne, vous indique qu'il faut autant de *feet* cubes d'eau par seconde et par paire de meules ; vous n'en avez donc assez que pour une paire. Vous verrez encore que la vitesse de l'eau sera de 18 *feet* par seconde, et celle de la roue 10,38 *feet* aussi par seconde ; cette roue devra donc faire 12,22 révolutions par minute.

Si donc vous adoptez un engrenage double, vous donnerez alors 66 dents au *grand rouet*, 24 fuseaux à la *grande lanterne*, 48 dents au *hérisson*, et 18 fuseaux à la *petite lanterne*, et la meule effectuera 97 révolutions par minute. Si vous adoptiez un engrenage simple, il faudrait donner 112 dents au *grand rouet*, 15 fuseaux à la *lanterne*, et la meule opérerait 98,66 révolutions par minute. Dans les deux cas, l'aire de l'ouverture de la vanne devra être de 2,48 *feet* carrés, ce que vous obtiendrez, à peu près, en lui donnant 4 *feet* de large, et 0,62 *feet* ou environ 7,25 *inches* de hauteur. La section du canal devant être de 29,8 *feet* carrés, vous pourrez lui donner 3 *feet* de profondeur, et 9,98 ou 10 *feet* de large à peu près.

Cependant, si vous adoptiez un engrenage simple, il se-

rait convenable d'employer une roue hydraulique en-dessous beaucoup plus petite qu'on ne l'a fait dans la table ; 7,5 *feet* de diamètre suffiraient au lieu de 15 ; le grand rouet ne devrait avoir alors que la moitié du nombre 112 de dents mentionné, la lanterne conserverait le même nombre de fuseaux ; le *fer* de la meule aurait plus de longueur, sa crapaudine se trouverait posée plus bas, mais le moulin serait tout aussi bon ; néanmoins, dans ce cas, un grand rouet de 66 dents plongera dans l'eau ; mais, lorsque la colonne d'écoulement aura de 10 à 12 *feet*, le moulin sera d'une très-bonne construction.

Si vous adoptiez, soit des meules, soit des roues hydrauliques ayant d'autres dimensions, il vous serait facile, d'après les règles sur lesquelles la table est calculée, de proportionner tout le mécanisme pour ces dimensions, puisque vous connaissez la vitesse de la circonférence des roues de toutes grandeurs (1).

(1) Un des avantages que les grandes roues ont sur les petites, est de rejeter l'eau beaucoup mieux. Les aubes des petites roues entraînent l'eau bien plus que celles des grandes roues, parce que plus le niveau de l'eau d'aval est voisin de l'axe d'une roue en-dessous, plus les aubes approchent au sortir de l'eau, de la position horizontale.

Pour que la roue rejette bien l'eau en aval, attachez le plancher du coursier, en-dessous de la roue, avec des charnières, et de manière à ce que l'extrémité en aval puisse être relevée pour diriger l'eau qui abandonne la roue sur la surface du biez inférieur. En courbant ce plancher contre la roue, il dégage beaucoup mieux l'eau en aval, ainsi que l'assure Adrian *Dawes*, constructeur de moulins, à Jersey.

Quelques personnes préfèrent incliner le plancher du coursier sous la roue, comme cela est représenté dans la figure 36, afin que l'ouverture de la vanne puisse être placée tout près des aubes, se fondant sur ce que l'eau agit avec plus de puissance près de la vanne, que lorsqu'elle s'en est éloignée ; ce qui paraît être vrai, si nous considérons que, plus elle est voisine de la vanne, moins la lame d'eau diffère d'un *courant parfaitement défini*, voyez § 59.

D'autres personnes assurent que l'eau acquiert la même puissance en descendant le long d'un coursier : elle acquiert certainement la même vitesse diminuée seulement de l'effet du frottement dans ce coursier, et de la résistance de l'air. Quand la pente du coursier est considérable, plus la distance à la vanne est

*Observations sur la table.*

1° La table est calculée pour une roue en-dessous et un vannage construits comme la *fig.* 36 le représente. La charge d'écoulement est comptée à partir du point *I*, où l'eau agit sur les aubes de la roue; et la vitesse de la roue au maximum, est supposée égaler les 0,58 de la vitesse de l'eau. Mais si l'on avait beaucoup d'eau et une grande colonne d'écoulement, la roue agirait encore bien avec les 0,66, ou les deux tiers de la vitesse de l'eau; c'est pourquoi les meules tendront à aller plus vite que la table ne l'indique, dans le rapport de 58 à 66 à peu près. C'est pour cette raison que j'y ai coté la vitesse des meules de 5 *feet* au-dessous de 100 révolutions par minute, mouvement plus lent que dans la pratique ordinaire, ces meules étant disposées à faire de 96 et 100 révolutions.

2° J'ai pris la moitié de la hauteur de l'eau au-dessus du point d'impulsion, pour la colonne virtuelle ou effective, selon

grande, plus sont grandes la vitesse et la puissance de l'eau; mais quand la pente du coursier ne suffit pas pour surmonter le frottement, la résistance de l'air, etc., alors, plus la vanne est voisine, plus la vitesse et la puissance de l'eau sont grandes; ce qui démontre que l'on fait bien de placer la vanne près des aubes. Cependant, lorsque la chute est considérable, ou quand on a beaucoup d'eau, si la construction d'un vannage profond doit être dispendieuse, comme l'augmentation de puissance que l'on obtiendrait est si petite qu'elle ne compenserait pas la dépense, il vaut mieux alors construire un vannage peu profond, et un long coursier pour conduire l'eau au bas de la roue, et placer la vanne au haut du coursier. C'est ce que l'on pratique souvent pour épargner des dépenses, en construisant les moulins à scier avec des *roues volantes* (*Flutter wheels*), ou roues en-dessous, liées avec un excentrique, et assez petites pour produire un nombre suffisant de coups de scie par minute, 120, par exemple. Le diamètre d'une roue volante doit être calculé en partant de la vitesse de l'eau au point d'impulsion, et pour faire ce même nombre de révolutions par minute.

Pour ce qui est de la manière de livrer l'eau contre une roue en-dessous, lorsque la chute est grande, voyez dans la 5e partie, comment opère Thomas *Ellicott*.

le § 53. Je crains que cela ne soit trop peu pour les petites chutes, et peut-être trop pour les grandes.

Comme le principe de la non-élasticité ne paraît pas diminuer la puissance d'une petite colonne d'eau, autant que celle d'une grande ; si cette colonne n'est que d'un *foot*, elle n'aura peut-être pas besoin des 223,5 *feet* cubes d'eau par seconde, tandis que si elle a 20 *feet*, il lui faudra peut-être plus de 11,17 *feet* cubes d'eau, aussi par seconde, quantités données par la table. Voyez le § 8.

## § 71. DES MOULINS A-CUVETTE.

La roue hydraulique d'un *moulin à-cuvette* est horizontale et reçoit l'action de la percussion de l'eau. L'arbre de cette roue est ainsi vertical et sert de *gros fer* à la meule *courante*, laquelle est adaptée sur son sommet. L'extrémité inférieure de cet arbre pivote dans une *crapaudine* posée sur une sorte de *palier*, dont l'élasticité permet à la meule d'acquérir ce léger mouvement d'oscillation vertical, que procure l'emploi des *paliers* dans les autres moulins. L'eau est lancée contre le dessus de la roue dans une direction tangente à sa circonférence. La *fig.* 37 représente en plan et en élévation, une roue à-cuvette dont l'arbre est appliqué à donner le mouvement à une meule ; on y voit le *palier*, etc. La roue tourne dans une cuve en bois, analogue à l'*archure* d'une meule de moulin, et qui s'élève assez au-dessus de cette roue, pour empêcher l'eau de s'en échapper et la forcer à tournoyer de manière à ce qu'elle entraîne les aubes. L'eau est lancée sous forme d'une veine de 9 *inches* de large sur 18 *inches* d'épaisseur, pour faire mouvoir une meule de 5 *feet*, sous une colonne d'écoulement de 8 *feet*. Cette veine ne peut pas se loger entièrement entre les aubes, sans qu'une portion de l'eau ait parcouru presque la moitié d'un tour de roue ; de sorte que la moitié des aubes est frappée à la fois. Ces aubes sont disposées obliquement, afin que l'eau puisse les rencontrer à

angle droit. Aussitôt après le choc, l'eau s'échappe de tous côtés sous la roue, comme on le voit dans la figure (1).

(1) Remarquez que dans la *fig.* 37, j'ai placé la vanne dans l'intérieur du vannage, et non au bout de la buse près de la roue, comme on le pratique ordinairement; parce que l'eau fuit beaucoup tout autour de la vanne, quand elle a cette dernière position. Mais nous devons considérer que la vanne devant être toujours entièrement ouverte, il faut régler la dépense d'eau par un régulateur placé dans la buse, près de la roue, de manière à ce que cette buse soit entièrement pleine et pressée par tout le poids de la colonne d'eau, sans quoi une grande partie de la puissance serait perdue.

Pour rendre cela plus clair, supposons que le long coursier *A*, exprimé par les lignes ponctuées dans la *fig.* 36, soit clos par-dessus, et rendu bien étanche, si la vanne *A* n'est pas entièrement ouverte, de sorte que l'ouverture inférieure du coursier soit assez grande pour dépenser toute l'eau fournie par la vanne, quand ce liquide remplit le coursier jusqu'en *A*, le niveau de l'eau ne pouvant pas s'y élever davantage, l'effet de toute l'eau située au-dessus de *A* est perdu, ce liquide n'ayant d'autre effet que d'alimenter le coursier et de le remplir jusqu'en *A*. La colonne d'eau existant au-dessous de *A*, jusqu'au point d'impulsion de la roue, est donc la seule qui agit sur cette roue.

Nous ajouterons que, lorsque nous fermons la vanne, le coursier ne peut plus couler, parce qu'il faudrait pour cela qu'il se formât un vide dans la partie supérieure *A*; ainsi la pression de l'atmosphère empêchera l'eau de couler hors du coursier, et quelle que soit la colonne d'eau dans ce coursier, quand la vanne est fermée, elle balancera d'autant la pression de l'atmosphère, qu'elle empêchera d'agir sur le côté en aval de la vanne; ce qui la rendra très-dure à tirer. Supposez en effet qu'il existe une colonne d'eau de 11 *feet*; dans le coursier, quand on ferme la vanne, la pression est à peu près égale à 5 *pounds* par *inch* carré; alors si la vanne a 48 *inches* sur 6, ou 288 *inches* carrés, en multipliant ce nombre par 5, on a 1440 *pounds* pour la pression additionnelle sur la vanne.

Ajoutons encore, que si la vanne est entièrement ouverte et si le coursier n'est pas beaucoup plus grand à l'extrémité supérieure qu'à l'extrémité inférieure, tous ces inconvéniens causeront une perte de puissance. Pour remédier à cela, adaptez la vanne *H*, au bas du coursier, pour régler la dépense d'eau, et une soupape en *A*, pour fermer l'intérieur du coursier comme la soupape d'un soufflet; laquelle se fermera quand la vanne *A* sera ouverte et s'ouvrira lorsque la vanne sera fermée, pour admettre l'air dans le coursier. Cette disposition vaut mieux que les longs coursiers ouverts en-dessus, employés dans la construction, tant des moulins à scier mus par des roues volantes,

Les inconvéniens de ces sortes de roues sont les suivans :

1° L'eau n'agit pas contre elles avec avantage ; parce qu'en général, pour donner aux meules la vitesse convenable, on est obligé de faire ces roues si petites, que les aubes en occupent le tiers du diamètre.

2° L'eau agit avec moins de puissance que contre les roues en-dessous ; parce qu'étant moins renfermée, lorsqu'elle frappe une roue à cuvette, la perte causée par sa non-élasticité se réalise entièrement. Voyez le § 8.

3° C'est difficilement que l'on peut livrer à ces roues, une quantité d'eau suffisante pour les faire agir avec la puissance nécessaire, si la chute est basse. Je conseille alors de faire frapper l'eau sur deux endroits de la roue diamétralement opposés. Dans ce cas, les ouvertures ne doivent avoir que 6 sur 13 *inches* chacune, au lieu de 9 sur 18 *inches*. La roue agira ainsi plus avantageusement, parce que presque toutes les aubes seront frappées en même temps.*

Les avantages des roues à cuvette sont ceux-ci : leur extrême simplicité ; le peu d'entretien qu'elles occasionnent, puisqu'on n'a point de dents ni de fuseaux à reparer ; leur peu de frottement, d'où résulte que, peu de parties sont sujettes à s'user ; le pivôt tournant dans l'eau, si la crapaudine est bien fixée, rien ne se dérange de long-temps. Ces roues agissent avec assez de vitesse et de puissance sur les chutes de 9 à 10 *feet*, qui jouissent de beaucoup d'eau ; et si elles sont bien établies, elles ne demandent pas alors beaucoup plus d'eau que les roues en-dessous ; aussi sont-elles infiniment préférables dans tous les emplacemens où il y a plus de 8 *feet* de chute, et beaucoup d'eau.

Afin que le lecteur puisse comprendre comment la table suivante a été calculée, il doit observer :

que des moulins à-cuvette, puisqu'on peut éviter ainsi le frottement dans le coursier et la résistance de l'air.

Le lecteur ne comprendra qu'avec difficulté ce que je viens de dire, s'il ne connaît pas la théorie de la pression de l'atmosphère, de la formation du vide, etc. Voyez le § 56, où ces sujets sont traités.

1° Que, comme l'eau n'agit sur les roues à cuvette que par percussion, et s'en échappe à l'instant où elle les a frappées, il vaut mieux, d'après le § 70, que ces roues tournent plus vite que ne le demande la vitesse *maximum;* ainsi, au lieu de les faire mouvoir avec les 0,577 de la vitesse de l'eau, comptés au milieu des aubes, nous les laisserons tourner avec les 0,66 de cette vitesse. Nous trouverons alors les nombres de la 3e colonne de la table.

2° Que, la vitesse de la roue en une seconde, multipliée par 60 et divisée par le nombre de révolutions que la meule doit faire durant une minute, donne la circonférence de la roue au milieu des aubes; laquelle circonférence, multipliée par 7 et divisée par 22, exprime le diamètre compté au milieu des aubes, et auquel correspond le nombre de révolutions voulu; on voit tout cela dans les 4e, 5e, 6e et 7e colonnes.

3° Le nombre de *cubochs* de puissance, nécessaire, d'après le § 63, pour faire mouvoir la meule, divisé par la moitié de la colonne d'écoulement, donne le nombre de *feet* cubes d'eau à dépenser pour produire ladite puissance. Voyez les 8e et 9e colonnes.

4° Le nombre de *feet* cubes d'eau, divisé par la vitesse d'écoulement, donne la somme des ouvertures de vanne, inscrite dans les 10 et 11e colonnes.

5° Le nombre de *feet* cubes d'eau, divisé par 1, 5 *feet*, vitesse de l'eau dans le canal, donne l'aire de la section de ce canal, consignée dans les 12e et 13e colonnes.

6° Pour la quantité d'eau, l'ouverture de la vanne et la section du canal, relatives à des meules de 5 *feet* de diamètre, voyez la table des moulins en-dessous, § 70.

## *Table du constructeur de moulins pour les moulins à-cuvette.*

| Colonne au-dessus du point d'impulsion ou au-dessus de la roue. | Vitesse par seconde, de | | Diamètre de la roue à cuvette au milieu des aubes, et pour une meule du diamètre de | | | | Quantité d'eau nécessaire, par seconde, pour mouvoir des meules du diamètre de | | Somme des aires des ouvertures de vanne, pour des meules du diamètre de | | Aire de la section transversale du canal d'alimentation, la vitesse de l'eau y étant de 1,5 *feet* par seconde, et cette eau suffisant pour conduire des meules du diamètre de | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | L'eau affluente. | La roue comptée au milieu des aubes, vitesse qui est les 0,66 de celle de l'eau affluente. | 4 *feet*, effectuant 122 révolutions par minute. | 5 *feet*, effectuant 98 révolutions par minute. | 6 *feet*, effectuant 81 révolutions par minute. | 7 *feet*, effectuant 70 révolutions par minute. | 4 *feet*. | 6 *feet*. | 4 *feet*. | 6 *feet*. | 4 *feet*. | 6 *feet*. |
| | *feet.* | *feet.* | *feet.* | *feet.* | *feet.* | *feet.* | *feet* cubes. | *feet* cubes. | *feet* carrés. | *feet* carrés. | *feet* carrés. | *feet* carrés. |
| 8 | 22,80 | 15,04 | 2,17 | 2,73 | 3,30 | 3,90 | 17,34 | 40,90 | 0,76 | 1,79 | 11,56 | 27,30 |
| 9 | 24,30 | 16,03 | 2,50 | 3,12 | 3,68 | 4,37 | 15,41 | 36,35 | 0,64 | 1,50 | 10,30 | 21,23 |
| 10 | 25,54 | 16,85 | 2,63 | 3,28 | 3,97 | 4,59 | 13,87 | 32,72 | 0,54 | 1,28 | 9,25 | 21,70 |
| 11 | 26,73 | 17,64 | 2,75 | 3,44 | 4,15 | 4,80 | 12,61 | 29,74 | 0,47 | 1,11 | 8,40 | 19,83 |
| 12 | 28,00 | 18,48 | 2,90 | 3,60 | 4,34 | 4,90 | 11,56 | 27,26 | 0,41 | 0,97 | 7,70 | 18,17 |
| 13 | 29,16 | 19,24 | 3,01 | 3,74 | 4,53 | 5,21 | 10,67 | 25,17 | 0,36 | 0,86 | 7,10 | 16,80 |
| 14 | 30,20 | 19,93 | 3,12 | 3,90 | 4,70 | 5,43 | 9,90 | 23,36 | 0,33 | 0,77 | 6,60 | 15,56 |
| 15 | 31,34 | 20,68 | 3,24 | 4,03 | 4,87 | 5,67 | 9,24 | 21,93 | 0,29 | 0,70 | 6,16 | 14,62 |
| 16 | 32,40 | 21,38 | 3,34 | 4,12 | 5,01 | 5,83 | 8,67 | 20,45 | 0,27 | 0,60 | 5,71 | 13,60 |
| 17 | 33,32 | 21,99 | 3,43 | 4,25 | 5,18 | 5 95 | 8,16 | 19,24 | 0,24 | 0,57 | 5,44 | 12,15 |
| 18 | 34,34 | 22,66 | 3,54 | 4,41 | 5,32 | 6,18 | 7,70 | 18,18 | 0,22 | 0,52 | 5,15 | 12,12 |
| 19 | 35,18 | 23,21 | 3,63 | 4,52 | 5,47 | 6,33 | 7,30 | 17,00 | 0,20 | 0,48 | 4,90 | 11,33 |
| 20 | 36,20 | 23,89 | 3,71 | 4,62 | 5,49 | 6,47 | 6,93 | 16,36 | 0,19 | 0,45 | 4,62 | 10,90 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

### *Usage de la table pour les moulins à-cuvette.*

Ayant nivelé votre emplacement et trouvant plus de 8 *feet* de chute et beaucoup d'eau, si vous désirez construire un moulin du mécanisme le plus simple, le moins dispendieux, et dont la construction convienne le mieux à votre emplacement, choisissez un moulin à cuvette.

Déduisez 1 *foot* pour la chute du canal de fuite au-dessous du bas de la roue, si l'eau d'aval est sujette à refluer, plus 9 *inches* pour l'épaisseur de cette roue; supposons qu'il vous reste alors 9 *feet* pour la colonne d'eau au-dessus de la roue; cher-

chez cette colonne dans la table et vous trouverez vis-à-vis, sur la même ligne, toutes les données nécessaires pour des meules de 4, 5, 6 et 7 *feet* de diamètre, savoir : l'eau nécessaire pour les faire mouvoir ; la somme des aires des ouvertures de vanne ; et l'aire de la section du canal d'alimentation convenable.

Si vous préfériez des meules de toute autre dimension, vous pourriez facilement proportionner toutes les parties du moulin, en suivant les règles d'après lesquelles la table est calculée (1).

§ 72. DES MOULINS DE-COTÉ (2).

Les roues de-côté, contre lesquelles l'eau est lancée tangentiellement, sont mues à la fois par l'action de la percussion et par celle de la gravité de ce liquide ; toute la portion de la chute au-dessus du point d'impulsion, appelée colonne d'écoulement, agit par percussion, et toute la portion restante au-dessous de ce point, nommée en particulier chute, agit par l'action de la gravité.

Nous sommes obligés, dans la construction des moulins de-côté, d'employer une plus grande colonne d'écoulement qu'il n'est nécessaire pour agir avec avantage, parce que nous ne pouvons pas lancer l'eau contre la roue dans une direction véritablement tangente, plus haut qu'au point d'impulsion *I*, *fig.* 38. Cette figure représente une roue de-côté, établie sur une chute verticale de 12 *feet*, dont 6,5 *feet* sont ménagés au-dessus du point *I*, pour la colonne d'écoulement, et 5,5 *feet* au-dessous de ce point comme chute.

(1) On commet une erreur capitale, et qui est cependant très-commune, lorsqu'on construit un moulin à cuvette dans une localité sujette à manquer d'eau pendant la sécheresse ; ces moulins ne conviennent qu'aux endroits où l'eau coule abondamment pendant toute l'année. Il y a des centaines de ces moulins aux Etats-Unis, qui sont inutiles aux époques où on en a le plus besoin, tandis que des roues en-dessus, de-côté, ou par-derrière, bien construites, pourraient tourner sans interruption.

(2) Si le traducteur n'avait pas trouvé cette dénomination usitée, il eût appelé autrement les *Breast-mills*.

La partie inférieure de la buse ou guide qui amène l'eau sur la roue, doit saillir de quelques pouces en avant du pied de la vanne, quand celle-ci est ouverte, sans cela, l'eau serait lancée vers l'axe de la roue, cette buse ou guide ne doit pas trop s'élever dans la retenue, parce que l'eau ne pourrait pas y arriver assez vite si son niveau venait à baisser. Le fond de la retenue est un peu plus bas que l'entrée supérieure du guide, afin que les pierres et le gravier s'y déposent et ne passent pas par l'ouverture de la vanne.

Nous pourrions livrer l'eau plus haut sur la roue, en faisant approcher contre cette roue la tête du vannage, et en employant une vanne à coulisse dans le fond, comme le montrent les lignes ponctuées ; mais cela n'est pas admis dans la pratique. Voyez, dans la 5e partie, la méthode d'*Ellicott*.

Mais si l'eau, dans la retenue, est à peu près à la hauteur de la roue, elle peut être portée par-dessus, et lancée en arrière sur cette roue, comme le démontrent les lignes pointillées supérieures. Il faudra tenir alors très-mince la partie du guide située près de la roue, et donner peu de hauteur à la vanne, afin que l'eau puisse couler par-dessus, quand on l'ouvrira. Par cette méthode, on obtiendra une roue à augets *par-derrière ;* la colonne d'écoulement pourra être réduite à la même grandeur que celle d'une roue en-dessus; la vitesse de la circonférence de la roue sera égale à celle de la circonférence d'une roue en-dessus, dont le diamètre égalerait la chute au-dessous du point d'impression, et les puissances de ces roues seront égales entre elles.

La construction de la roue, représentée par la *fig.* 38, doit être regardée comme bonne, par les raisons suivantes :

1° Les aubes ou augets reçoivent la percussion de l'eau à angles droits, ce qui est la meilleure direction possible.

2° Elle empêche l'eau de se projeter vers l'axe de la roue sans qu'il y ait de réaction contre le fond des augets, et y retient ce liquide, afin qu'il agisse, par sa gravité, en descendant après le choc.

3° Elle admet l'air et rejette l'eau facilement sans en relever par le bas, ce qui est un avantage important; en effet si les augets étaient bien clos, et si la roue plongeait un peu dans l'eau, ils entraineraient ce liquide à une distance considérable avant de se vider; parce que la pression de l'atmosphère empêcherait l'eau de quitter facilement les aubes, et il faudrait une grande force pour les sortir hors de l'eau avec la vitesse de la roue.

Cet effet peut être rendu sensible, en plongeant dans l'eau un seau ordinaire et le retirant vivement par le fond; on entraîne ainsi non-seulement l'eau qui est dans le seau, mais encore celle qu'il paraît attirer après lui; ce qui est dû à la pression de l'atmosphère; voyez § 56. Cela démontre la nécessité des ventouses, pour admettre l'air dans les aubes, afin que l'eau puisse en sortir librement.

Les inconvéniens de cette construction sont les suivans:

1° On perd beaucoup d'eau, si la roue ne joint pas bien contre le tablier;

2° Elle exige qu'une trop grande partie de la chute entière soit réservée pour activer l'écoulement de l'eau, ce qui occasionne un perte de puissance, parce qu'une chute de 1 *foot* est égale en puissance à une colonne d'écoulement de 2 *feet*. Voyez § 8.

La figure 39 montre pour toutes les chutes verticales comprises entre 6 et 15 *feet*, la position qu'il faut donner aux guides pour lancer l'eau tangentiellement contre une roue. Aux divers points d'impulsion sont inscrites, dans l'intérieur de la figure, les valeurs des chutes correspondantes, mesurées en *feet*. Afin d'obtenir le point d'impulsion aussi haut que possible, l'entrée des guides n'est supposée qu'à la distance de 15 *inches* de la roue, et à 3 *feet* au-dessous de la surface de l'eau dans la retenue, ce qui est assez, quand le niveau doit souvent descendre d'une quantité considérable; mais quand le niveau de l'eau se maintiendra presque toujours à la même hauteur dans la retenue, 2 *feet* suffiront, surtout pour les grandes chutes. Lorsque la

quantité d'eau est petite, en élevant le guide d'un *foot*, on élèvera aussi, de presque autant, le point d'impulsion, ce qui augmentera la puissance, comme on l'a déjà fait observer; voyez § 61.

D'après ces principes, j'ai calculé la table suivante pour les moulins de-côté; mais pour mieux comprendre comment elle est dressée, considérons ce qui suit :

1° Que toute l'eau au-dessus du point d'impulsion, que j'ai nommée colonne d'écoulement, agit seulement par percussion, tandis que toute l'eau qui est au-dessous de ce point, appelée particulièrement chute, agit entièrement par la gravité, voyez § 60. Ces quantités sont inscrites dans les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> colonnes.

2° Que la moitié de la colonne d'écoulement, ajoutée à la chûte, constitue la descente virtuelle ou effective, consignée dans la 4<sup>e</sup> colonne; voyez § 61.

3 Que si l'eau descendait librement le long du tablier circulaire, après avoir atteint le point d'impulsion, sa vitesse serait accélérée, et égalerait le point le plus bas, la vitesse de l'eau sollicitée par une colonne d'écoulement d'une hauteur égale à la descente entière; ainsi, la vitesse maximum de cette roue se compose de la vitesse de l'écoulement et de l'accélération communiquée par l'eau, après que ce liquide a dépassé le point d'impulsion. Pour trouver la vitesse de cette roue, je multiplie d'abord la vitesse de l'écoulement inscrite dans la 5<sup>e</sup> colonne par 0,577, comme pour les moulins en-dessous, ce qui donne la vitesse relative à la colonne d'écoulement; alors je dis, d'après la règle qui sert à déterminer la vitesse des roues en-dessus : la vitesse de l'eau tombant de 21 *feet*, savoir 37,11 *feet* par seconde, est à la vitesse de la roue, 10 *feet* par seconde, comme l'accélération de la vitesse de l'eau, après qu'elle a atteint le point d'impulsion, est à l'accélération de vitesse de la roue; la vitesse cherchée, égale à la somme de ces deux vitesses trouvées, est inscrite dans la 6<sup>e</sup> colonne de la table.

4° La vitesse de la roue en une seconde, divisée par sa circonférence et multipliée par 60, donne le nombre de révolutions que cette roue fait par minute, ou la 9e colonne.

5° Le nombre de dents du grand rouet, multiplié par le nombre de révolutions de la roue durant une minute, et divisé par le nombre de fuseaux de la lanterne, donne le nombre de révolutions de la meule par minute; si nous divisions le produit mentionné par le nombre de révolutions que la meule doit effectuer, nous obtiendrions le nombre de fuseaux qu'il faut donner à la lanterne. Lorsqu'on tombe sur des nombres fractionnaires, on doit prendre les nombres entiers les plus voisins, comme on le voit dans les colonnes 7, 8, et 10 de la table.

6° Le nombre de *cubochs* de puissance, nécessaire pour faire tourner la meule, d'après le § 63, divisé par la descente virtuelle, donne le nombre de *feet* cubes d'eau à dépenser par seconde, inscrits dans la colonne 11.

7° Le nombre de *feet* cubes d'eau, divisé par la vitesse de l'eau admise dans le canal d'alimentation, par exemple, 1,5 *feet* par seconde, donne l'aire de la section transversale de ce canal, consignée dans la colonne 12.

8° Si le moulin doit être à double engrenage, prenez le nombre de révolutions de la roue dans la colonne 9 de cette table, et cherchez dans la 4e colonne de la table des moulins en-dessous, § 70, le nombre de révolutions qui en approche le plus, et vis-à-vis ce nombre, vous aurez les proportions des engrenages, qui donneront à une meule de 5 *feet*, le mouvement convenable.

*Table du constructeur de moulins, pour les moulins de-côté, calculée pour une roue hydraulique de* 15 feet, *et des meules de* 5 feet *de diamètre, l'eau étant lancée tangentiellement à la circonférence de la roue.*

| Descente verticale totale depuis le niveau de l'eau dans le retenue, jusqu'à son niveau dans le coursier de fuite. | Colonne d'écoulement au-dessus du point d'impulsion. | Chute en-dessus du point d'impulsion. | Descente virtuelle ou effective, formée en ajoutant à la chute précédente, la moitié de la colonne d'écoulement. | Vitesse par seconde de | | Nombre de | | Nombre de révolutions par minute, d'une | | Quantité d'eau à dépenser par seconde. | Surface de la section du canal, l'eau étant supposée y avoir une vitesse de 1,5 *feet* par seconde. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | L'eau, au point d'impulsion. | Le circonférence de la roue. | Dents dans le grand rouet. | Fuseaux dans la lanterne. | Roue de-côté de 15 feet de diamètre | Meule de 5 *feet* de diamètre. | | |
| *feet* | *feet.* | *feet.* | *feet.* | *feet.* | *feet.* | | | | | *feet* cubes | *feet* carrés. |
| 6 | 4,5 | 1,5 | 3,75 | 17,13 | 10,61 | 112 | 15 | 13,5 | 100,8 | 29,80 | 19,25 |
| 7 | 5 | 2 | 4,50 | 18 | 11,30 | 112 | 16 | 14,4 | 100,8 | 24,83 | 16,55 |
| 8 | 5,5 | 2,5 | 5,25 | 18,99 | 12,07 | 104 | 16 | 15,3 | 99,4 | 21,29 | 14,19 |
| 9 | 5,9 | 3,1 | 6,05 | 19,48 | 12,53 | 104 | 16 | 16 | 102,7 | 18,45 | 12,30 |
| 10 | 6,2 | 3,8 | 6,90 | 20,16 | 13,07 | 96 | 16 | 16,6 | 99,6 | 16,20 | 10,80 |
| 11 | 6,5 | 4,5 | 7,75 | 20,64 | 13,53 | 96 | 16 | 17 | 102, | 14,42 | 9,61 |
| 12 | 6,8 | 5,3 | 8,70 | 21,11 | 14,03 | 96 | 17 | 17,81 | 100,5 | 12,75 | 8,49 |
| 13 | 6,8 | 6,2 | 9,60 | 21,11 | 14,35 | 96 | 18 | 18,28 | 97,5 | 11,63 | 7,75 |
| 14 | 6,9 | 7,1 | 10,55 | 21,30 | 14,41 | 96 | 18 | 18,35 | 97,8 | 10,59 | 7,06 |
| 15 | 7 | 8 | 11,50 | 21,13 | 14,76 | 96 | 18 | 18,56 | 98,4 | 9,72 | 6,48 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

*Usage de la table pour les moulins de-côté.*

Lorsqu'on aura un emplacement de moulin jouissant d'une chute d'un peu plus de 6 *feet*, mais pas assez grande pour un moulin en-dessus, si l'eau n'est pas abondante, il faudra, pour en tirer le meilleur parti, construire un moulin de côté.

Déduisez 1 *foot* pour le ressaut de fuite au-dessous du bas de la roue, si l'eau d'aval est sujette à refluer, et supposez qu'il vous reste alors 9 *feet* de descente verticale; cherchez ce nombre dans la première colonne de la table, et vous verrez vis-à-vis

13.

que cette chute doit être divisée en deux portions, dont 5,9 *feet* pour la colonne d'écoulement au-dessus du point d'impulsion, et 3,1 *feet* de chute au-dessous de ce point, qui est le plus haut possible, en plaçant le guide à 3 *feet* au-dessous du niveau de l'eau dans la retenue. A ces dimensions correspondent 6,05 *feet* de descente virtuelle ou effective. La vitesse de l'eau frappant la roue sera de 19,48 *feet*, et celle de la roue de 12,53 *feet* par seconde. Cette roue fera 16 tours par minute, et si on veut un moulin à simple engrenage, un grand rouet de 104 dents et une lanterne de 16 fuseaux donneront à la meule une vitesse de 102,7 révolutions par minute; il faudra dépenser 18,45 *feet* cubes d'eau par seconde, et l'aire de la section du canal devra avoir 12,30 *feet* carrés, à peu près 3 *feet* de profondeur sur 4 *feet* de large. Si les meules avaient d'autres dimensions, il serait facile de proportionner les engrenages pour leur faire exécuter le nombre de révolutions convenable (1).

Si vous désirez proportionner la grandeur des meules à la puissance de votre chute, multipliez le nombre de *feet* cubes d'eau que fournit votre courant en une seconde, par la descente virtuelle inscrite dans la 4e colonne, et le produit sera la puissance en *cubochs;* cherchez alors dans la seconde table du § 63 la grandeur de la meule qui conviendra le mieux à cette puissance.

Supposez, par exemple, que votre courant fournit 14 *feet* cubes d'eau par seconde, alors ce nombre, multiplié par 6,05 *feet* de descente virtuelle, donne pour produit 84,7 *cubochs* de puissance; le nombre qui, dans la seconde table du § 63, en approche le plus, se rapporte à des meules de 4,5 *feet* de

(1) Le constructeur de moulins fera bien d'examiner avec attention l'article de l'appendice, écrit par feu W. *Parkin*, praticien savant et exercé. Les idées qu'il y expose sont de la plus grande importance, en ce qu'elles peuvent redresser l'erreur que l'on commet généralement, d'après les observations de l'éditeur, en donnant aux roues hydrauliques une trop grande vitesse, et une capacité trop petite.

diamètre. Les règles sur lesquelles cette table est basée serviront à trouver plus exactement la grandeur des meules.

Remarquez que chaque *feet* carré de la surface des meules épuise la puissance de 6 *cubochs*.

## § 73. Des moulins en-dessus.

La *fig.* 40 représente une roue en-dessus, sur le haut de la circonférence de laquelle l'eau est livrée tangentiellement et de manière à ce que tout ce liquide puisse frapper l'intérieur de la couronne des augets.

La vanne doit être placée à 30 *inches* en arrière du plan vertical de l'axe de la roue, plan auquel doit aboutir le bord du chenal, dont le fond doit être un peu incliné, afin de donner à l'eau une vitesse en contre-bas, qui lui fasse suivre la roue; car si le chenal était dirigé horizontalement, la colonne d'écoulement ne déterminerait pas de vitesse en contre-bas; et si cette colonne était grande, la courbe parabolique que décrit l'eau en jaillissant s'étendrait au-delà du cercle extérieur de la roue, et disposerait ce liquide à se répandre par-dessus. Voyez § 43 et § 60.

La colonne d'écoulement au-dessus d'une roue en-dessus agit par percussion, comme sur une roue en-dessous, et nous avons démontré au § 43 que, cette colonne devrait être telle qu'elle pût donner à l'eau les $\frac{1}{2}$ de la vitesse de la roue. Après que l'eau a frappé la roue, elle agit par sa gravité. Ainsi, pour calculer la puissance, nous devons à la moitié de la colonne d'écoulement ajouter la chute, pour avoir la descente virtuelle, comme pour les moulins de-côté.

La vitesse des roues en-dessus est proportionnelle aux racines carrées de leur diamètre. Voyez § 43.

C'est d'après ces principes que j'ai calculé la table suivante, pour des roues en-dessus et afin que le lecteur puisse la comprendre facilement, je dois rappeler ce qui suit:

1° Que la vitesse de l'eau affluant sur la roue, doit égaler



une fois et demie la vitesse de la roue, d'après le § 43. Pour trouver la colonne qui engendre cette vitesse, établissez cette proportion, le carré de 16,2 *feet* est à 4 *feet*, hauteur de la colonne qui produit cette vitesse par seconde, comme le carré de la vitesse assignée est à la colonne qui engendre cette vitesse. Mais il faut ajouter quelque chose à la colonne d'écoulement trouvée de cette manière, pour lui faire surmonter le frottement contre les bords de l'ouverture. Voyez § 55.

Dans cette table, j'ai ajouté 0,10 *feet* aux colonnes d'écoulement des roues de 9 à 11 *feet* de diamètre; et pour chaque *foot* d'accroissement du diamètre des roues de 11 à 20 *feet* et de 20 à 30 *feet* de diamètre, j'ai augmenté respectivement de 0,10 et de 0,05 *feet* la colonne d'écoulement correspondante; de sorte que, l'augmentation de colonne destinée à vaincre le frottement est de 0,10 *feet* pour une roue de 9 *feet* de diamètre et de 1,50 *feet* pour une roue dont le diamètre a 30 *feet*. On verra la raison de cette différence si l'on considère que, le frottement augmente à mesure que l'ouverture décroît et que la vitesse devient plus grande. Mais cela dépend beaucoup de la forme de l'ouverture de la vanne, car si elle est presque carrée, il n'y aura que peu de frottement; tandis que si elle est oblongue, si elle a, par exemple, 24 *inches* sur un demi-*inch*, l'effet du frottement sera très-considérable.

Les hauteurs des colonnes d'écoulement ainsi trouvées sont inscrites dans la 3e colonne de la table.

2° La colonne d'écoulement, ajoutée au diamètre de la roue, fournit la descente totale que l'on voit dans la colonne 1re.

3° La vitesse de la roue par seconde, prise dans la table du § 43, étant multipliée par 60 et divisée par la circonférence de la roue, donne pour quotient le nombre de révolutions que cette roue doit faire par minute : tels sont les nombres de la 4e colonne.

4° Le nombre de révolutions que la roue doit faire par minute, étant multiplié par le nombre de dents de chaque

roue *menante*, successivement, et ce produit étant divisé par le produit formé en multipliant entre eux les nombres de dents de toutes les roues *menées*, donne pour quotient le nombre de révolutions de la meule par minute. Ces nombres sont inscrits dans la 9e colonne quand on adopte un engrenage double et des meules de 5 *feet*, et dans la 12e colonne quand on veut employer un engrenage simple et des meules de 6 *feet* de diamètre.

5° Le nombre de *cubochs* de puissance nécessaire pour faire tourner la meule, d'après la table du § 63, étant divisé par la descente virtuelle ou effective, c'est-à-dire par la moitié de la colonne d'écoulement ajoutée à la chute ou au diamètre de la roue, donne pour quotient le nombre de *feet* cubes d'eau nécessaires par seconde, pour alimenter le moulin; ce nombre se trouve inscrit dans la 13e colonne.

6° Ce nombre de *feet* cubes étant divisé par la vitesse que vous voulez faire prendre à l'eau dans le canal d'alimentation, donne pour quotient l'aire de la section de ce canal, dont la largeur, multipliée par la profondeur, doit toujours produire cette aire, inscrite dans la 13e colonne. Voyez § 64.

7° Le nombre de dents du grand rouet, multiplié par le nombre de quarts d'*inch* que vaut la *denture* sur la circonférence des contacts ou du cercle primitif, donne pour produit la longueur de cette circonférence; laquelle étant multipliée par 7 et divisée par 22, fournit pour quotient le diamètre du cercle primitif mesuré en quarts d'*inch*. La colonne 14e renferme ces diamètres réduits en *feet*. Le lecteur peut voir ici combien la partie inférieure du grand rouet, dans les moulins à engrenage simple, est voisine de l'eau, c'est-à-dire combien ce rouet diffère peu en grandeur d'avec la roue hydraulique.

*Usage de la table.*

**Ayant soigneusement nivelé l'emplacement sur lequel vous voulez bâtir, et trouvant, après avoir déduit 1 *foot* pour le**

ressaut au-dessous de la roue, et une quantité suffisante pour la pente du chenal relativement à sa longueur et à son épaisseur, qu'il reste une descente totale suffisante pour une roue en-dessus, 17 *feet*, par exemple; cherchez dans la 1re colonne de la table la descente 16,74 *feet*, qui en approche le plus, et sur la même ligne, vous trouverez, pour le diamètre de la roue, 14 *feet*; pour la colonne d'écoulement au-dessous de la roue, 2,74 *feet*; pour le nombre de révolutions de la roue par minute, 11,17. Vous y verrez aussi que, l'engrenage double fera faire 98,7 révolutions par minute à une meule de 5 *feet*, et que l'engronage simple en fera faire 76,6 par minute a une meule de 6 *feet*. Enfin le nombre de *feet* cubes d'eau nécessaire pour une meule de 5 *feet* savoir 7,2 par seconde, et la section du canal, 7,2 *feet* carrés, ou à peu près 2 *feet* de profondeur sur 3,5 *feet* de large.

Si vous désirez proportionner les dimensions des meules de manière à ce qu'elles conviennent exactement à la puissance de l'emplacement, opérez comme il est indiqué au § 63. Toutes les autres parties du moulin peuvent être alors déterminées par les règles d'après lesquelles la table est calculée.

*Table du constructeur de moulins, pour les moulins en-dessus; calculée pour des meules de 5 feet, avec un engrenage double, et des meules de 6 feet, avec un engrenage simple.*

| Descente totale que l'eau doit parcourir. | Diamètre de la roue en-dessus. | Colonne d'écoulement au-dessus de la roue, pour donner à l'eau les 3/2 de la vitesse de la roue augmentée de ce qu'il faut pour vaincre le frottement. | Nombre de révolutions de la roue en-dessus, par minute. | Double engrenage pour des meules de 5 *feet* de diamètre. — Nombre de : Dents dans le grand rouet. | Fuseaux dans la grande lanterne | Dents dans le hérisson. | Fuseaux dans la petite lanterne. | Révolutions de la meule par minute. | Engrenage simple, pour des meules de 6 *feet* de diamètre. — Nombre de : Dents dans le grand rouet. | Fuseaux dans la lanterne. | Révolutions de la meule par minute. | Quantité d'eau nécessaire, par seconde, pour les meules de 5 *feet* de diamètre, en *feet* cubes. C'est aussi, en *feet* carrés, l'aire de la section du canal, en supposant que l'eau y a une vitesse de 1 *foot* par seconde. | Diamètre du cercle primitif du grand rouet de l'engrenage simple, pour une *denture* de 4 *inches* 1/4, sur la circonférence des contacts, ou du cercle primitif. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *feet.* | *feet.* | *feet.* | | | | | | | | | | | *feet.* *inches.* quarts. 22mes. |
| 10,51 | 9 | 1,51 | 14.3 | 54 | 21 | 44 | 16 | 102,9 | 60 | 11 | 78 | 11,46 | 6 + 9 + 0 + 12 |
| 11,74 | 10 | 1,74 | 13 | 54 | 21 | 48 | 18 | 98 | 60 | 10 | 78 | 10,30 | |
| 12,94 | 11 | 1,94 | 12,6 | 60 | 21 | 48 | 18 | 96 | 66 | 11 | 75,6 | 9,34 | 7 + 5 + 1 |
| 14,20 | 12 | 2,20 | 12 | 66 | 23 | 48 | 17 | 97 | 66 | 10 | 79,2 | 8,53 | |
| 15,47 | 13 | 2,47 | 11,54 | 66 | 21 | 48 | 17 | 99,3 | 84 | 12 | 80,7 | 7,92 | 9 + 5 + 1 |
| 16,74 | 14 | 2,74 | 11,17 | 72 | 23 | 48 | 17 | 98,7 | 96 | 14 | 76,6 | 7,20 | 10 + 9 + 5 + 6 |
| 17,99 | 15 | 2,99 | 10,78 | 78 | 23 | 48 | 18 | 98,3 | 96 | 13 | 81,9 | 6.77 | |
| 19,28 | 16 | 3,28 | 10,40 | 78 | 23 | 48 | 17 | 99,5 | 120 | 16 | 76 | 6,40 | 13 + 6 + 1 + 2 |
| 20,50 | 17 | 3,50 | 10,10 | 78 | 21 | 48 | 18 | 96,6 | 120 | 15 | 80,8 | 6 | |
| 21,80 | 18 | 3,80 | 9,8 | 84 | 24 | 48 | 17 | 97 | 128 | 16 | 78,4 | 5,56 | 14 + 5 + 0 + 8 |
| 23,03 | 19 | 4,03 | 9,54 | 84 | 23 | 48 | 17 | 98,3 | 128 | 15 | 81 4 | 5,32 | |
| 24,34 | 20 | 4,34 | 9,30 | 88 | 23 | 48 | 17 | 100 | 128 | 15 | 79,3 | 5,04 | |
| 25,54 | 21 | 4,54 | 9,10 | 88 | 23 | 48 | 17 | 98,3 | 128 | 15 | 77,6 | 4,81 | |
| 26,86 | 22 | 4,86 | 8,90 | 96 | 24 | 48 | 17 | 100,5 | 128 | 14 | 81,4 | 4,57 | |
| 27,99 | 23 | 4,99 | 8,70 | 96 | 25 | 54 | 18 | 100,2 | | | | 4,34 | |
| 29,27 | 24 | 5,27 | 8,50 | 96 | 25 | 54 | 17 | 103 | | | | 4,19 | |
| 30,45 | 25 | 5,45 | 8,30 | 96 | 25 | 54 | 17 | 101 | | | | 4 | |
| 31,57 | 26 | 5,57 | 8,19 | 96 | 25 | 54 | 17 | 99,6 | | | | 3,82 | |
| 32,77 | 27 | 5,77 | 8,05 | 104 | 25 | 54 | 18 | 100,2 | | | | 3,70 | |
| 33,96 | 28 | 5,96 | 7,93 | 104 | 25 | 54 | 18 | 99 | | | | 3,60 | |
| 35,15 | 29 | 6,15 | 7,75 | 112 | 26 | 54 | 18 | 100,1 | | | | 3,40 | |
| 36,40 | 30 | 6,40 | 7,63 | 112 | 26 | 54 | 18 | 98,6 | | | | 3,36 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

*Observations sur la table.*

1° Il paraît qu'un engrenage simple ne convient pas beaucoup à cette construction, parce que lorsqu'une roue en-des-

sus est d'un petit diamètre, son mouvement est si lent que, le grand rouet plonge dans l'eau si on le fait assez grand pour donner à la meule une vitesse suffisante, sans que la lanterne soit trop petite, voyez § 23; de plus, lorsque les roues en-dessus ont plus de 20 *feet* de diamètre, les rouets doivent être aussi grands, afin qu'ils puissent donner le mouvement à la meule sans employer une trop petite lanterne; on tombe alors dans plusieurs inconvéniens, les engrenages sont trop durs, la *crapaudine* du *fer* de la meule est trop élevée, et ce *fer* lui-même trop court.

Ainsi un engrenage simple ne paraît convenir à un moulin en-dessus que lorsque le diamètre de la roue hydraulique est entre 12 et 18 *feet*; et même, en l'adoptant, cette roue devra tourner trop vite, ou bien la lanterne sera trop petite, et les meules devront avoir au moins 6 *feet* de diamètre.

2° Dans les tables précédentes, j'ai donné à l'eau dans le canal 15 *feet* de vitesse par seconde, mais j'ai remarqué depuis qu'un *foot* par seconde approche plus du mouvement convenable qui est d'à peu près 20 *yards* par minute; alors le nombre de *feet* cubes d'eau nécessaire par seconde, sera exprimé par les mêmes chiffres que l'aire du canal, comme on l'a écrit dans la 13e colonne de la table.

3° Quoique j'aie calculé cette table pour des vitesses proportionnelles aux racines carrées des diamètres des roues, ce qui assigne une vitesse de 11,99 *feet* par seconde à une roue de 30 *feet*, et une vitesse de 7,57 *feet* aussi par seconde une roue de 12 *feet* de diamètre; cependant ces roues peuvent être animées d'une égale vitesse, et être établies sous des colonnes d'écoulement aussi égales, comme le pratiquent ordinairement les constructeurs de moulins. Mais par les raisons déjà mentionnées au § 43, je préfère leur donner la vitesse et ménager la colonne d'écoulement consignées dans cette table, afin d'obtenir un mouvement régulier.

4° Bien des personnes observant l'excessive lenteur et la régularité de quelques roues en-dessus d'un très-grand diamè-

tre, appliquées à faire mouvoir des soufflets de forges ou de hauts fourneaux, se sont méprises en croyact que de telles roues tournent aussi régulièrement d'un mouvement lent que d'un mouvement rapide. Ces personnes ne remarquaient peut-être pas que, la résistance des soufflets régularise le mouvement des roues, parce qu'elle devient bientôt uniforme ; ce qui peut ne pas être pour une autre espèce de résistance que le moulin aurait à vaincre.

5° Bien des personnes croient que l'eau n'est pas bien utilisée en l'appliquant à une roue en-dessus, parce que, disent-elles, les augets voisins des deux extrémités du diamètre vertical de la roue agissent sur un levier trop court. Pour essayer de redresser cette erreur, divisons, en *feet*, par des lignes ponctuées, la chute de la roue en-dessus, *fig.* 40, maintenant, selon les § 53 et § 54, chaque *foot* cube d'eau, versé sur la roue, produit une égale quantité de puissance, savoir un *cubook*, en parcourant chaque *foot* de descente verticale ; mais là où le levier est le plus court, la couronne des augets de la roue contient la plus grande quantité d'eau sous la hauteur verticale de 1 *foot* ; ou, en d'autres termes, chaque *foot* cube d'eau est bien plus long-temps, et parcourt un plus grand espace pour descendre verticalement de 1 *foot*, que lorsque le levier est le plus long, ce qui compense le désavantage de la petitesse du bras de levier, comme il est démontré au § 54. Il est vrai, néanmoins que, l'effet du *foot* cube d'eau inférieur est entièrement perdu dans la pratique, à cause que l'eau y abandonne les augets.

### *Des moulins mus par la réaction de l'eau.*

Nous avons traité des quatre espèces différentes de moulins généralement employées. Il en existe une autre inventée ou perfectionnée par feu James *Rumsey*, et qui est mue par la réaction de l'eau (1).

(1) De tels moulins, désignés quelquefois sous le nom de *moulins de*

§ 74. DES TRANSMISSIONS DE MOUVEMENT.

Le principe fondamental sur lequel sont fondées toutes les règles pour calculer, soit le mouvement communiqué par une combinaison de roues d'engrenage, soit le nombre de dents que ces roues doivent porter pour produire le mouvement que l'on désire transmettre, a été donné au § 20. Nous le rappellerons de la manière suivante :

Si le nombre de révolutions que fait la première roue motrice par minute, est multiplié successivement par le nombre de dents de chaque roue *menante*, on obtient toujours le même produit qu'en multipliant successivement le nombre de révolutions de la dernière roue *menée*, par le nombre de dents de toutes les autres roues *menées*. On déduit de là les règles simples qui suivent :

*Règle* 1re. Pour trouver le mouvement de la meule, lorsqu'on donne le nombre de révolutions de la roue hydraulique et ceux des dents des roues d'engrenage, multipliez d'abord le nombre de révolutions que fait la roue hydraulique, durant une minute, par le nombre de dents de toutes les roues menantes successivement ; multipliez ensuite entre eux le nombre de dents ou de fuseaux de toutes les roues menées successivement ; divisez enfin par ce produit le premier produit obtenu, et le quotient exprimera le nombre de révolutions que la meule fera par minute.

*Exemple :* On donne le nombre de révolutions que fait la roue hydraulique par minute. . . . . . . . . . . . . . . 10,4

| | | |
|---|---|---|
| Le nombre de dents des roues *menantes*, savoir : | grand rouet. . . . . . | 78 |
| | hérisson. . . . . . . . | 48 |
| Le nombre de fuseaux des roues *menées*, savoir : | grande lanterne . . . | 23 |
| | petite lanterne . . . . | 17 |

*Barker*, ont été construits en différens endroits ; mais on les croit tous abandonnés, parce qu'ils n'ont pas répondu aux espérances qu'ils avaient fait concevoir. C'est pourquoi il ne paraît pas nécessaire d'entrer dans des détails sur leur mérite.

Alors 10,4 nombre de révolutions de la roue hydraulique étant multiplié par 78, nombre de dents du grand rouet, et puis par 48, nombre de dents du hérisson, donne pour produit 38937,6. Cela posé, 23 nombre de fuseaux de la grande lanterne étant multiplié par 17 nombre de fuseaux de la petite lanterne, donne pour nouveau produit 391, par lequel, divisant 38937,6, on obtient pour quotient 99,5, nombre qui exprime celui des révolutions que la meule fait par minute. Ce calcul se rapporte à l'emploi d'une roue de 16 *feet* dans la table des moulins en-dessus.

*Règle 2*[e]. Pour trouver le nombre de dents qu'il faut donner aux roues d'engrenage, afin de leur faire transmettre le nombre de révolutions nécessaire pour une meule de moulin ou une roue quelconque : choisissez le nombre de dents que vous jugerez convenable de donner à toutes les roues, excepté une; multipliez alors le nombre de révolutions que fait le premier moteur durant une minute, par les nombres de dents de toutes les roues menantes successivement, excepté celle réservée (si c'est une menante); multipliez de même le nombre de révolutions voulues de la dernière roue, par le nombre de dents de chaque roue menée, et divisez le premier produit par le dernier, le quotient ainsi obtenu exprimera le nombre de dents dont il faudra garnir la roue réservée pour produire les révolutions que l'on désire.

Remarquez que, si quelques-unes de ces roues étaient remplacées par des tambours pour des courroies, il faudrait mesurer les diamètres de ces tambours en pouces et fractions, et multiplier et diviser avec ces mesures comme avec les nombres de dents.

*Exemple :* On donne le nombre de révolutions de la roue hydraulique . . . . . . . . . . . . . . . 10,4

On choisit le nombre de dents du grand rouet. . . . . . . . . . . . . . . 78 } menantes.
Et dans le hérisson. . . . . . . . . . 48 }

Le nombre de fuseaux de la grande lanterne étant de 23, on demande le nombre de fuseaux qu'il faut donner à la petite lanterne pour faire faire à la meule 99 révolutions par minute.

Alors 10,4, multiplié par 78 et par 48, fournit pour produit 38937,6; de même 99, multiplié par 23, donne le produit 2277, par lequel, divisant 38937,6, je trouve pour quotient 16,66; le nombre entier le plus près, 17, exprime le nombre de fuseaux dont il faut garnir la lanterne. Cela étant, il résulte de la 1re règle qu'à cet engrenage correspondent 99,5 révolutions de la meule par minute.

Pour exercer le lecteur, j'ai tracé la *fig.* 41, représentant ce que j'appelle un retour de mouvement, et servant à vérifier le principe fondamental sur lequel les règles sont fondées, le premier arbre étant aussi le dernier du retour.

| | | |
|---|---|---|
| A est une roue d'engrenage menante de. . . . | | 20 dents. |
| B. . . . . . . . . . . . . . | menée. . . . . . | 24 |
| C. . . . . . . . . . . . . . | menante. . . . . | 24 |
| D. . . . . . . . . . . . . . | menée. . . . . . | 30 |
| E. . . . . . . . . . . . . . | menante. . . . . | 25 |
| F. . . . . . . . . . . . . . | menée. . . . . . | 30 |
| G. . . . . . . . . . . . . . | menante. . . . . | 36 |
| H. . . . . . . . . . . . . . | menée. . . . . . | 20 |

Si nous parcourions le cercle à l'inverse, les roues menées deviendraient menantes et réciproquement.

| | | |
|---|---|---|
| I est un tambour pour une courroie, menante | | 14,5 *inches*. |
| K. . . . . . . . . . . . . . . . . . | menée. . | 30 |
| L est une roue d'engrenage menante de. . . . | | 12 dents. |
| M . . . . . . . . . . . . . | menée. . . . . . | 29 |

*Mouvement des arbres du retour.*

La première roue menante et l'arbre vertical AH faisant 30 révolutions par minute,
L'arbre BC fait 30 *idem*.

L'arbre DE fait 24 révolutions par minute.
FG 20 *idem.*
HA 36 *idem.*

*Mouvemens dérivés.*

L'arbre KL fait 9 2/3 révolutions par minute.
La roue M 4 *idem.*

Si un retour de mouvement n'est pas continué de manière à donner au premier et au dernier arbre, qui n'en font réellement qu'un, exactement la même vitesse, un des arbres doit casser aussitôt qu'ils sont mis en mouvement.

Le lecteur peut appliquer les règles au calcul de ce retour de mouvement, jusqu'à ce qu'il puisse en former un lui-même. Après quoi il ne doit point craindre d'entreprendre de calculer une transmission de mouvement quelconque, etc. Je me dispense de donner les calculs qu'il faut faire pour trouver, soit le mouvement des arbres, soit le nombre des dents des roues qui transmettent ledit mouvement, pour laisser au lecteur le soin de pratiquer les règles lui-même.

*Exemples :*

1° On donne au premier arbre moteur *AH*, 36 révolutions par minute ; la première roue menante *A* a 20 dents, la roue menée *B* en a 24 ; on demande le nombre de révolutions que l'arbre *BC* effectuera par minute ? *Réponse :* 30 révolutions.

2° Le premier moteur *AH* fait 36 révolutions par minute ; les nombres de dents des roues menantes *A*, *C*, *E*, sont respectivement 20, 24, 25, et ceux des roues menées *B*, *D*, *F*, 24, 30, 30. On demande le nombre de révolutions que la dernière roue menée *F* fera par minute ? *Réponse*, 20 révolutions.

3° On donne 20 révolutions au premier moteur *GF*, par minute ; les menantes sont un tambour *I* de 14 $\frac{1}{2}$ pouces pour une courroie, et une roue d'engrenage *L* de 12 dents, les menées sont un tambour *K*, de 30 pouces, et une roue d'engrenage *M* de 29 dents ; on demande combien de révolutions fera par minute cette dernière roue *M* ? *Réponse*, 4 révolutions.

4° Le premier moteur *AH* faisant 36 révolutions par minute, les roués menantes *A*, *C*, *E*, et les roues menées *B*, *D* ayant respectivement 20, 24, 25 et 30 dents, on demande quel nombre de dents il faut donner à la roue menée *F*, pour qu'elle fasse 20 révolutions par minute? *Réponse*. 30 dents.

5° Le premier moteur *AH* effectuant 36 révolutions par minute, les roues menantes *A*, *C*, *E*, *L*, ayant respectivement 20; 24; 25; 12 dents, le tambour menant *I* ayant 14,6 pouces de diamètre, et les roues menées *B*, *D*, *F*, *M*, ayant 24; 30; 30; 29 dents, on demande quel diamètre il faut donner au tambour mené *K* pour que la courroie qui lui transmet l'action du tambour *I* lui fasse exécuter 4 révolutions par minute? *Réponse*, 30 pouces de diamètre.

Le lecteur peut faire les calculs qui donnent la solution des questions ci-dessus et de toute autre qui lui serait proposée.

## § 75. Des cercles primitifs et de la denture des roues d'engrenage.

Les mathématiciens ont établi les proportions suivantes, pour trouver la circonférence d'un cercle par son diamètre, ou le diamètre par sa circonférence, savoir : l'unité est à 3,1416, ou 7 est à 22, comme le diamètre est à la circonférence; et 3, 1416 est à 1, ou 22 est à 7, comme la circonférence est au diamètre.

L'emploi du rapport 7 : 22, conduisant à un diamètre un peu trop petit, les constructeurs de moulins doivent le préférer dans le calcul des cercles primitifs des roues d'engrenage; parce que la somme de toutes les distances successivement comprises entre les milieux de toutes les dents ou *dentures* d'une roue correspondent à un cercle plus petit, surtout quand cette roue ne porte que peu de dents. En effet, ces *dentures* sont mesurées en ligne droite, au lieu d'être mesurées tout le long de la circonférence du cercle primitif; aussi dans une roue de six dents, ce cercle est tellement rapetissé, que son diamè-

tre est plus petit de deux vingt-deuxièmes de la denture.

De ce qui a été dit, nous déduirons les règles suivantes :

*Règle.* Pour trouver le cercle primitif d'une roue d'engrenage, multipliez le nombre de dents que cette roue doit avoir par le nombre de quarts de pouce, valeur de la denture choisie; multipliez encore ce produit par 7, et divisez-le enfin par 22, le quotient sera le diamètre cherché, exprimé en quarts de pouce, que l'on pourra facilement réduire en pieds.

*Exemple.* On demande le diamètre du cercle primitif d'une roue de 84 dents, la denture étant de 4,5 pouces ou 18 quarts de pouce? Alors, d'après la règle, multipliez 84 par 18 et par 7, ce qui vous donnera 10584 pour produit; lequel étant divisé par 22 donne pour quotient $481+\frac{2}{22}$ quarts de pouce, ou 10 pieds $\frac{1}{44}$, pour le diamètre du cercle primitif cherché.

## § 76. Calcul des diamètres des cercles primitifs en dentures.

Une méthode simple, exacte et expéditive pour trouver le diamètre du cercle primitif, consiste à le calculer en mesures égales à la denture même que l'on veut employer.

*Règle.* Multipliez le nombre de dents par 7, divisez le produit résultant par 22, et vous aurez pour quotient le diamètre du cercle primitif en dentures et vingt-deuxièmes parties.

*Exemple.* On demande le diamètre du cercle primitif d'une roue de 78 dents? En opérant d'après la règle, on trouve:

```
  78
   7
 ----
 546 | 22
  44 |----------
 ----| 24+18/22 = { Le diamètre cherché, mesuré en
 106                { dentures.
  88
 ----
  18
```

La moitié de ce diamètre, ou $12+\frac{9}{22}$ dentures, est la valeur du rayon qui servira à décrire le cercle primitif.

Pour faire usage de cette règle, ouvrez un compas à quart de cercle sur la denture choisie, serrez-en la vis de pression pour conserver cette ouverture jusqu'à ce que la roue soit divisée, et partagez la denture en 22 parties égales. Cela fait, portez à la suite l'une de l'autre, sur une ligne droite, 9 de ces parties et 12 ouvertures de compas égales à la denture, la longueur totale sera le rayon du cercle primitif à tracer.

Afin de s'éviter la peine de diviser la denture pour chaque roue, l'ouvrier peut tracer les différentes dentures qu'il emploie ordinairement, sur le bord de la mesure dont il se sert, ou bien sur une petite règle faite exprès et les y bien diviser pour en faire usage au besoin.

J'ai calculé, d'après ces règles, la table suivante des rayons des cercles primitifs des différentes roues communément employées.

*Table des rayons des cercles primitifs des roues d'engrenage communément employées, portant depuis* 6 *jusqu'à* 136 *dents, exprimés en dentures et en* feet, inches *et fractions.*

| Nombre de dents sur la roue. | Rayons des cercles primitifs. | | | | | Nombre de dents sur la roue. | Rayons des cercles primitifs. | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | exprimés en *dentures.* | | exprimés en mesures ordinaires, pour une *denture* égale à 2,5 *inches*, convenable pour les engrenages des blutoirs, etc. | | | | exprimés en *dentures.* | | exprimés en mesures ordinaires, pour une denture convenable pour les grands engrenages des moulins, ou | | | | | | | |
| | | | | | | | | | de 4,25 *inches.* | | | | de 4,5 *inches.* | | | |
| | *Dentures.* | vingt-deuxièmes. | *inches.* | quarts. | vingt-deuxièmes. | | *dentures.* | vingt-deuxièmes. | *feet.* | *inches.* | quarts. | vingt-deuxièmes. | *feet.* | *inches.* | quarts. | vingt-deuxièmes. |
| 6 | 1 | | 2 | 2 | 0 | 33 | 5 | 5,5 | 1 | 10 | 1 | 5,5 | 1 | 11 | 2 | 11 |
| 7 | 1 | 3,5 | 2 | 3 | 12 | 34 | 5 | 9,0 | 1 | 10 | 3 | 21 | 2 | 0 | 1 | 8 |
| 8 | 1 | 6,7 | 3 | 1 | 3 | 35 | 5 | 12,5 | 1 | 11 | 2 | 14,5 | 2 | 1 | 0 | 5 |
| 9 | 1 | 10,2 | 3 | 2 | 14 | 36 | 5 | 16,0 | 2 | 0 | 1 | 8 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 10 | 1 | 13,6 | 4 | 0 | 3 | 37 | 5 | 19,5 | 2 | 1 | 0 | 1,5 | 2 | 2 | 1 | 21 |
| 11 | 1 | 17,1 | 4 | 1 | 17 | 38 | 6 | 1,0 | 2 | 1 | 2 | 17 | 2 | 3 | 0 | 10 |
| 12 | 1 | 20,5 | 4 | 3 | 5 | 39 | 6 | 4,5 | 2 | 2 | 1 | 10,5 | 2 | 3 | 3 | 15 |
| 13 | 2 | 1,9 | 5 | 0 | 17 | 40 | 6 | 8 | 2 | 3 | 0 | 4 | 2 | 4 | 2 | 12 |
| 14 | 2 | 5,3 | 5 | 2 | 8 | 42 | 6 | 15 | 2 | 4 | 1 | 13 | 2 | 6 | 0 | 6 |
| 15 | 2 | 8,8 | 5 | 3 | 20 | 44 | 7 | 0 | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 7 | 2 | 0 |
| 16 | 2 | 12,2 | 6 | 1 | 11 | 48 | 7 | 14 | 2 | 8 | 1 | 18 | 2 | 10 | 1 | 10 |
| 17 | 2 | 15,7 | 6 | 3 | 2 | 52 | 8 | 4 | 2 | 11 | 0 | 14 | 3 | 1 | 0 | 20 |
| 18 | 2 | 19,1 | 7 | 0 | 15 | 54 | 8 | 11 | 3 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 14 |
| 19 | 3 | 0,6 | 7 | 2 | 6 | 56 | 8 | 20 | 3 | 1 | 3 | 10 | 3 | 4 | 0 | 8 |
| 20 | 3 | 4,1 | 7 | 3 | 18 | 60 | 9 | 13 | 3 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 3 | 18 |
| 21 | 3 | 7,5 | 8 | 1 | 9 | 66 | 10 | 11 | 3 | 8 | 2 | 11 | 3 | 11 | 1 | 0 |
| 22 | 3 | 11 | 8 | 3 | 0 | 72 | 11 | 10 | 4 | 0 | 2 | 16 | 4 | 3 | 2 | 4 |
| 23 | 3 | 14,5 | 9 | 0 | 13 | 78 | 12 | 9 | 4 | 4 | 2 | 21 | 4 | 7 | 3 | 8 |
| 24 | 3 | 18 | 9 | 2 | 4 | 84 | 13 | 8 | 4 | 8 | 3 | 4 | 5 | 0 | 0 | 12 |
| 25 | 3 | 21,5 | 9 | 3 | 17 | 88 | 14 | 0 | 4 | 11 | 2 | 0 | 5 | 3 | 0 | 0 |
| 26 | 4 | 3 | 10 | 1 | 8 | 90 | 14 | 7 | 5 | 0 | 3 | 9 | 5 | 4 | 1 | 16 |
| 27 | 4 | 6,5 | 10 | 2 | 21 | 96 | 15 | 6 | 5 | 4 | 3 | 14 | 5 | 8 | 2 | 20 |
| 28 | 4 | 10 | 11 | 0 | 12 | 104 | 16 | 13 | 5 | 10 | 1 | 6 | 6 | 2 | 1 | 18 |
| 29 | 4 | 13,5 | 11 | 2 | 3 | 112 | 17 | 18 | 6 | 3 | 2 | 20 | 6 | 8 | 0 | 16 |
| 30 | 4 | 17 | 11 | 3 | 16 | 120 | 19 | 2 | 6 | 9 | 0 | 12 | 7 | 1 | 3 | 14 |
| 31 | 4 | 20,5 | 12 | 1 | 7 | 128 | 20 | 8 | 7 | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 2 | 12 |
| 32 | 6 | 2 | 12 | 2 | 20 | 136 | 21 | 14 | 7 | 7 | 3 | 18 | 8 | 1 | 1 | 10 |
| 1 | 2 | | 3 | | | 4 | 5 | | 6 | | | | 7 | | | |

*Usage de la table précédente.*

Supposez que vous deviez construire une roue d'engrenage de 66 dents : cherchez ce nombre dans la 1re ou dans la 4e colonne de la table, et vis-à-vis, dans la 2e ou la 5e colonne, vous trouvez 10+11, c'est-à-dire que le cercle primitif doit être décrit avec un rayon égal à 10 dentures, plus 11 vingt-deuxièmes de denture.

Les 3e, 6e et 7e colonnes contiennent les rayons cherchés exprimés en *feet*, *inches*, quarts d'*inch*, et vingt-deuxièmes parties d'un quart ; ces valeurs peuvent être employées, tant pour disposer les bois que pour fixer la position des axes autour desquels les roues doivent tourner, de manière à ce que leurs dents engrènent à une profondeur convenable. Mais à cause des erreurs de division qui peuvent se trouver dans les règles ou échelles ordinaires, et de la difficulté de poser exactement les compas, ces valeurs ne peuvent jamais être employées quand on veut tracer les cercles primitifs avec assez de précision.

*Règle* communément pratiquée : divisez la denture en onze parties égales, et prenez une ouverture de compas égale à sept de ces parties ; cela fait, ajoutez ces ouvertures de compas l'une à la suite de l'autre et en ligne droite, en comptant 4 dents pour chaque ouverture de compas, jusqu'à ce que vous soyez arrivé au nombre immédiatement au-dessous de celui des dents que votre roue doit porter. Si ce nombre est plus petit de 1, ajoutez à la longueur de ligne parcourue $\frac{1}{4}$ de l'ouverture de compas mentionnée ; s'il est plus petit de 2, ajoutez la moitié de cette même ouverture, et enfin ajoutez les $\frac{3}{4}$ si ce nombre est plus petit de 3, et la longueur totale sera le rayon du cercle primitif. Mais à cause de la difficulté que présente la division d'une ligne en onze parties égales, on doit attendre peu d'exactitude de cette règle. Lorsque le nombre de dents n'est pas grand, le diamètre sera d'ailleurs trop petit, par les raisons déjà données.

La règle géométrique suivante est plus exacte et plus commode dans certains cas.

*Règle :* Tracez une ligne droite indéfinie *AB*, *fig.* 43, et à partir de son extrémité *A*, marquez, à côté les unes des autres vers *B*, des longueurs égales à la denture choisie ou même à toute autre droite, comme cela est dans la figure, pour en diminuer la longueur ; écrivez successivement 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc., aux extrémités des 1^re^, 2^e^, 3^e^, 4^e^, 5^e^, 6^e^, etc. divisions ainsi formées ; cela fait, tracez une autre ligne droite *O* 22, croisant la ligne *AB* sous un angle quelconque et au point numéroté 22 ; portez sur cette ligne *O* 22 trois dentures et demie de 22 en *X* et 7 dentures de 22 en *O*; joignez par des droites indéfinies le point *A* avec les deux points *X*, *O*; par tous les points de division de la droite *AB*, menez enfin des parallèles à *X* 22, et les portions de ces parallèles interceptées entre la ligne *AB*, et les lignes *AX* et *AO* seront respectivement les rayons et les diamètres des cercles primitifs des roues d'engrenage, portant un nombre de dents égal au nombre inscrit au point de la ligne *AB*, par lequel passent ces parallèles.

Cette construction donnera un diamètre trop petit pour toutes les roues qui auront peu de dents ; mais lorsque le nombre de dents s'élèvera à plus de 20, l'erreur sera imperceptible.

Toutes ces règles sont fondées sur la proportion 22 est à 7, comme la circonférence du cercle est à son diamètre.

## § 77. Des mesures anglaises pour les matières sèches.

Le *bushel* contient 2150,4 *inches* cubes. Il se divise en 4 *pecks* de 2 *gallons* chacun, et le *gallon* se compose de 8 *pints*; de sorte que l'on a la table.

| *Bushel.* | *Peck.* | *Gallon.* | *Pint.* | *Inches* cubes. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 8 | 64 | = 2150,4 |
| | 1 | 2 | 16 | = 537,6 |
| | | 1 | 8 | = 268,8 |
| | | | 1 | = 33,6 |

Ainsi, pour mesurer la capacité d'un grenier rectangulaire quelconque en *bushels*, servez-vous de la règle suivante:

*Règle.* Multipliez la longueur du grenier en *inches*, par sa longueur aussi en *inches;* multipliez encore le produit résultant par la hauteur du grenier exprimée en *inches*; divisez ensuite le dernier produit par 2150,4, et le quotient indiquera le nombre de *bushels* que ce grenier peut contenir.

Mais pour abréger le travail et pour calculer décimalement, remarquez que 2150,4 *inches* cubes valent 1,244 *feet* cubes; d'où il suit qu'en multipliant entre elles la longueur, la hauteur et la largeur du grenier, mesurées en *feet* et parties décimales du *feet*, si vous divisez finalement par 1,244, le quotient sera, en *bushels*, la capacité du grenier.

*Exemple.* Un grenier ayant 6,25 *feet* de longueur, 3,5 *feet* de arge, 10,5 *feet* de hauteur, on demande sa capacité en *bushels?*

Alors, 6,25 multiplié par 3,5, et ensuite par 10,5, donne pour produit 229,687, lequel, divisé par 1,244, fournit le quotient 184,6, qui représente le nombre de *bushels* que le grenier peut contenir.

Pour calculer la capacité d'une trémie, suivez cette règle.

*Règle.* Multipliez la longueur de l'ouverture supérieure par sa largueur; multipliez ensuite ce produit par le tiers de la plus grande profondeur, et divisez par la valeur du *bushel*, soit en *inches* cubes, soit en *feet* cubes, suivant la mesure que vous aurez choisie, le quotient sera la capacité cherchée exprimée en *bushels.*

*Exemple.* Une trémie ayant une ouverture supérieure de 42 *inches* en carré et 24 *inches* de profondeur, on demande combien de *bushels* elle peut contenir?

Alors le produit de 42 multiplié par 42, étant multiplié encore par 8, donne un produit égal à 14112 *inches* cubes, lesquels, divisés par 2150,4, valeur du *bushel* en *inches* cubes conduisent au quotient 6,56; et tel est le nombre de *bushels* contenus dans la trémie proposée.

Pour déterminer la troisième dimension d'un grenier rectangulaire dont deux dimensions sont données, et qui doit contenir un nombre voulu de *bushels*, suivez cette règle.

*Règle*. Multipliez d'abord la valeur du *bushel* par le nombre de *bushels* que le grenier doit contenir; puis multipliez entre eux les deux côtés donnés du grenier ; divisez enfin le premier produit par le dernier, et le quotient sera la longueur demandée du côté du grenier.

*Exemple*. On donne la longueur des deux côtés d'un grenier, savoir, 6,25 et 10,5 *feet*; on propose de déterminer le troisième côté, de manière que le grenier contienne 184,6 *bushels?*

Alors la valeur du *bushel* 1,244 *feet* cubes, multipliée par 184,6, égale 229,642; et le produit des deux côtés donnés égale 65,625 *feet* carrés. Le quotient 3,5 *feet* du premier produit divisé par le dernier, est la valeur du côté que l'on demande.

Pour déterminer les dimensions qu'il faut donner à l'ouverture supérieure d'une trémie, pour que, sous une profondeur connue, elle contienne un nombre voulu de *bushels* servez-vous de cette règle.

*Règle*. Divisez le nombre d'*inches* cubes équivalant au nombre de *bushels* que la trémie doit contenir, par le tiers de la profondeur donnée en *inches*, et le quotient sera le carré d'un des côtés de l'ouverture supérieure exprimé en *inches*.

La profondeur connue de la trémie étant 24 *inches*, on demande la longueur des côtés de l'ouverture supérieure, pour laquelle cette trémie contiendra 6,56 *bushels?*

Alors 6,56, multiplié par 2150,4, produit le nombre 14107,624, qui, étant divisé par 8, donne pour quotient 1764, dont la racine carrée 42 indique que telle est, en *inches*, la longueur demandée des côtés de l'ouverture de la trémie.

### § 78. Des différentes espèces d'engrenages, et des formes de leurs dents.

Pour nous faire une idée exacte de la forme ou taille la plus convenable à donner aux dents des roues d'engrenage, nous devons remarquer que, durant le mouvement, ces dents décrivent, relativement aux cercles primitifs de ces roues, des lignes courbes appelées *épicycloïdes*.

Et que lorsqu'une roue conduit une crémaillère dont les dents sont disposées sur une ligne droite, comme dans le chariot d'une scierie, les dents ou fuseaux de cette roue décrivent dans leur mouvement des lignes courbes appelées *cycloïdes*.

Pour donner une idée de la description de ces courbes, supposons que, le cercle *apc*, *fig.* 44, roule sur la ligne droite *AB*, de *A* vers *B*; alors le point *a* du cercle mentionné, qui coïncidait d'abord avec le premier point *A* de la droite, décrit une courbe *Au Cb B*, appelée *cycloïde*. On voit facilement qu'après s'être écartée en *C*, de la droite *AB*, d'une quantité égale au diamètre du cercle générateur, la cycloïde se rapproche de cette droite qu'elle rencontre en *B*, lorsque la circonférence dudit cercle s'est déroulée entièrement sur *AB*. C'est suivant des courbes de ce genre que l'on taille les bouts des dents des crémaillères.

Supposons encore que le petit cercle *apc fig.* 45 roule autour du grand cercle *ABC*, alors le point *a* du petit cercle qui coïncidait avec le point *A* du grand cercle, décrit la courbe *AasbB*, nommée *épicycloïde*.

C'est suivant cette courbe, convenablement décrite, que devraient être façonnés les flancs des dents des roues d'engrenage, en-dehors des cercles primitifs; mais comme dans la pratique ordinaire, les dents ne s'étendent qu'à peu de distance au-dehors de ces cercles, il n'est pas indispensable que leur forme soit si particularisée.

## § 79. Des engrenages cylindriques.

Le principe de ces engrenages est celui de deux cylindres tournant l'un contre l'autre, autour de leurs axes ou arbres disposés bien parallèlement. Ici les parties qui se touchent, se mouvant avec la même vitesse, n'éprouvent pas beaucoup de frottement. Pour empêcher le glissement de ces cylindres, on est obligé de les canneler ou de les garnir de dents.

Il me semble que, la *denture* de la roue menante devrait être un peu plus grande que celle de la roue menée, par les raisons qui suivent.

1° S'il y avait quelque erreur de division, il serait bien plus aisé pour la roue menante de dépasser un peu la roue menée, qu'il ne le serait aux dents de cette menante, d'avoir à forcer la roue menée un peu en avant, ce qui deviendrait très-dur pour elles.

2°. Si les dents fléchissent sous l'effort du travail, ce qu'elles feront bien certainement, puisqu'un poids d'un *pound* tombant sur une poutre d'un *foot* d'équarrissage suffit pour l'ébranler, et la courbe par conséquent un peu; les dents entreront trop tôt dans l'engrenage, et frotteront très-durement à leur entrée.

3° Il est moins mauvais que, les dents frottent durement lorsqu'elles sortent de l'engrenage que lorsqu'elles y entrent, parce qu'en y entrant, elles glissent contre le fil du bois, ce qui les use beaucoup plus vite.

L'avantage qu'offre cette espèce d'engrenage est de permettre de tenir les dents aussi larges qu'on le desire, et de faire porter l'effort sur une surface assez étendue, pour que ces dents ne se cassent pas l'une l'autre, mais pour qu'au contraire elles se polissent et s'usent d'une manière uniforme, et qu'elles durent long-temps.

Les désavantages de ces roues sont, 1° que si elles ont des grandeurs différentes et si les cercles primitifs ne sont pas exactement proportionnés, elles ne roulent pas avec douceur.

2° Qu'elles ne peuvent pas servir pour changer la direction des arbres, quand cela est nécessaire.

La *fig.* 46 représente deux *roues cylindriques* engrenant ensemble, et dont les cercles primitifs, ponctués dans le dessin, doivent se toucher exactement. Les bouts des dents ont la forme circulaire qu'on leur donne communément; si on les façonnait suivant des épicycloïdes proportionnées aux roues, celles-ci rouleraient avec moins de frottement, et par suite avec plus de douceur.

La *fig.* 47 représente l'engrenage d'une *roue cylindrique* avec une *roue de champ*, dont les cercles primitifs doivent aussi se toucher exactement.

La règle pour tracer des dents d'une forme à peu près semblable à celle d'une épicycloïde est celle-ci.

*Règle.* Décrivez en dedans du cercle primitif un cercle un peu plus petit, *fig.* 48, pour y poser la pointe de votre compas de manière à décrire les côtés de la dent, différant aussi peu que possible de l'épicycloïde engendrée par un point de la petite roue, roulant autour de la grande. Plus il y a de différence entre les diamètres des roues qui engrènent ensemble, plus doit être grande la différence entre le diamètre du cercle primitif et du cercle tracé dans son intérieur. Le praticien doit juger cela par lui-même; car je ne sache pas que l'on ait encore donné de règle certaine pour cet objet (1).

(1) M. Charles *Taylor* a donné la règle suivante, pour tracer la véritable forme cycloïdiale des bouts des dents des roues d'engrenage.

*Règle :* Découpez un segment du cercle primitif de chacune des deux roues qui doivent engrener ensemble; attachez-en un sur une surface unie et roulez l'autre à l'entour comme vous le voyez représenté *fig.* 45. Si alors vous fixez une pointe au bord *b* du segment mobile, vous décrirez l'épicycloïde *Bbs :* ne considérez que la portion de l'extrémité *Bb* de cette courbe, qui s'étend jusqu'à la distance du cercle primitif égale au quart de la *denture*, pour la saillie de la dent en-dehors de ce cercle primitif; posez alors la pointe d'un compas en un centre tel qu'avec l'autre pointe vous puissiez suivre la courbe épicycloïde depuis le cercle primitif jusqu'à l'extrémité de la dent; conservez cette ouverture de compas, et par le point qui a servi de centre à la pointe im-

## § 80. Des engrenages de champ.

Le principe des engrenages de champ est celui de deux cylindres dont le côté de l'un tourne contre la base de l'autre, leurs axes étant à angles droits. Ici le frottement sera d'autant plus grand que la résistance sera considérable, et que les diamètres des roues seront plus petits ; parce que les parties en contact se meuvent avec des vitesses différentes, ce qui engendre un grand frottement.

Les avantages de cette espèce d'engrenage sont les suivans :

1°. Les dents étant parallèles entre elles, peu importe, qu'elles entrent ou qu'elles sortent plus ou moins de l'engrenage, cela n'influe pas sur la valeur de la denture des parties des dents qui éprouvent l'effort ; ainsi, si leurs axes venaient à se déranger, ces roues marcheraient avec plus de douceur que les engrenages cylindriques.

2°. Les roues de cette espèce peuvent être employées à changer la direction des arbres.

Les désavantages de ces engrenages sont :

1°. Le peu d'étendue de l'endroit de la dent qui supporte l'effort ; ce qui fait que les dents s'usent très-vite (1).

mobile de l'instrument, faites passer un cercle concentrique avec la roue, afin d'y placer toujours une pointe du compas pour décrire la forme des bouts de toutes les dents de la roue dont le segment a été fixé sur le plan.

Si l'on a à denter des roues d'angle, on peut employer cette règle pour trouver la véritable forme des bouts des dents, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, surtout si les dents sont longues, parce que l'épicycloïde est différente dans des cercles différens. Quand on fabrique des roues en fer coulé, il est absolument nécessaire de terminer très-exactement les dents par des épicycloïdes, autrement les roues ne tournent pas avec facilité.

La même règle sert aussi à obtenir la forme cycloïdale, soit d'une rangée de dents posées sur une droite, telle que celles d'une crémaillère de chariot de scierie, etc., soit des dents posées dans l'intérieur d'un cercle ou d'un cône creux. Voy. la *fig.* 44.

(1) Si l'étendue de la surface par laquelle les dents agissent les unes sur les autres est petite, et si l'effort qu'elles transmettent est assez grand pour que

2°. Leur grand frottement et l'usure.

Les dents pour de petites roues sont généralement cylindriques; elles y sont fichées par leurs queues, aussi cylindriques.

On doit avoir grand soin de percer les *lumières*, ou trous pour les dents, avec une machine qui dirige la tarière très-droit, afin que la distance des dents soit partout la même, sans que l'on soit obligé de les redresser.

Les *lumières* de toutes les petites roues d'un moulin devraient être percées avec la même tarière, et faites pour une seule denture; alors le meunier pourrait avoir en magasin une quantité de dents déjà tournées; de sorte que, si quelques dents d'une roue venaient à manquer, il pourrait en mettre de nouvelles sans perte de temps.

La *fig.* 49 représente une roue de champ engrenant avec une lanterne; elle montre la nécessité de tailler les angles des dents en forme cycloïdale, pour donner aux fuseaux la liberté de s'introduire entre elles et de s'en dégager aisément.

Pour décrire la forme que les côtés de ces dents doivent avoir, afin de s'accorder avec les fuseaux quand ils se présentent à leur rencontre, il faut tracer sur les têtes de ces dents, et un peu en-dehors du cercle primitif, un autre cercle sur lequel on placera la pointe du compas pour décrire, sur ces têtes, les courbes circulaires auxquelles les côtés des dents doivent aboutir; car si la pointe immobile du compas était posée sur le cercle primitif lui-même, le tracé de la tête des dents laisserait les angles intérieurs trop gras, et rendrait ceux du dehors trop maigres. Les faces extérieure et intérieure des dents doivent être droites ou à peu près, à partir du pied jusqu'au bout; les côtés des dents doivent également être plats jusqu'à une distance des extrémités, égale à la moitié du diamètre des fuseaux; les angles ne doivent être abattus, pour

ces dents se dépriment, elles s'useront très-vite; mais si la face mentionnée a une étendue telle que l'effort transmis ne produise que le poli des dents, celles-ci dureront très-long-temps.

recevoir la forme dessinée dans la figure, que vers les bouts des dents; parce que lorsque les dents engrennent entièrement, elles éprouvent alors le plus grand effort, et les surfaces, suivant lesquelles cet effort se transmet, doivent être aussi étendues que possible. Plus la roue est petite, la lanterne grande et les dents épaisses, plus aussi les angles de ces dents demandent à être délardés.

Concevons que, la roue de champ tourne de *d* vers *b*; la dent *d*, en entrant, transmettra son effet par l'angle inférieur, à moins qu'il ne soit assez abattu; lorsque la dent arrivera en *c*, elle sera entièrement engrenée, et si la denture de la roue est un peu plus grande que celle de la lanterne, la dent *a* appuiera en sortant et permettra à *c* d'entrer tout-à-fait, avant de commencer à appuyer.

Supposons que, la ligne d'aplomb ou verticale *AB* passe exactement par l'axe de la roue de champ : si l'arbre de la lanterne est placé, comme le pratiquent beaucoup de constructeurs de moulins, un peu en avant de cette ligne, afin que le fuseau de la lanterne corresponde à cette ligne, quand il est rencontré par la dent de la roue qui va le presser; cette disposition fait que, les dents éprouvent moins de frottement à leur entrée et plus à leur sortie. On n'a pas encore déterminé s'il y a un avantage réel à placer ainsi l'arbre de la lanterne, en avant de l'aplomb de l'axe de la roue.

### § 81. Des engrenages d'angle ou coniques.

Le principe des engrenages coniques ou roues d'angle est celui de deux cônes ayant même sommet et roulant l'un contre l'autre, comme on le voit *fig.* 50. Ici les surfaces qui se touchent tournent avec la même vitesse; ainsi il y a peu de frottement produit. Ces cônes étant cannelés ou garnis de dents dirigées du sommet vers la base, pour empêcher leurs surfaces de glisser, deviennent des engrenages d'angle. Comme ces dents seraient très-petites vers le sommet de ces cônes, on ne taille

ceux-ci que dans une étendue de 2 ou 3 pouces, à partir de leur base, comme on le voit dans la figure, ce qui leur donne alors l'apparence de roues.

Pour tracer ces roues d'une grandeur convenable à tous les nombres de dents que vous désirez leur donner, observez la règle suivante.

*Règle.* Tracez des droites *A*, *B*, *C*, etc., pour représenter vos arbres dans les directions respectives qui leur sont propres, et se croisant successivement en des points *R*; alors sur une échelle de parties égales, soit pieds, pouces ou quarts, etc., prenez des lignes égales à autant de parties que vos roues doivent avoir de dents, et, à des distances égales à ces lignes, menez des parallèles *mr*, *nr*, aux arbres; joignez enfin le point de rencontre *r* de ces parallèles, avec celui *R* des arbres correspondans, par la droite *Rr*. C'est sur cette ligne, qui indique le véritable angle de l'engrenage, que les cercles de contact ou primitifs des roues doivent se rencontrer, pour contenir les nombres de dents voulus, quelle qu'en soit la denture.

Alors, pour déterminer la grandeur effective des roues qui conviennent à une denture particulière, prenez dans la table des cercles primitifs le rayon de l'une des roues en mesures égales à la denture, et cherchez le point *a* de la ligne *Rr* dont la distance *ab* à l'arbre *Rb* de la roue considérée, mesurée sur une perpendiculaire *ab* à cet arbre, est égale à la grandeur du rayon de cette roue; le point *a*, ainsi déterminé, est celui où les cercles de contact des roues doivent se rencontrer pour convenir à la denture choisie. On trouve de la même manière la grandeur des roues, quelle que soit la direction relative des arbres, comme on le voit dans la figure.

Les roues de cette espèce sont faites ordinairement en métal coulé, et roulent extrêmement bien.

Les avantages des engrenages coniques sont les suivans :

1° Ils éprouvent très-peu de frottement ou de glissement des parties;

2° Les dents peuvent en être faites aussi larges qu'on le désire; ainsi elles durent long-temps;

3° Ils permettent de disposer les arbres dans toutes les directions voulues, et de leur donner le mouvement nécessaire.

Voici leurs désavantages :

1° Les roues d'angle demandent à être maintenues engrenées, de manière à ce que leurs cercles primitifs se touchent exactement; sans cela elles ne marcheraient pas uniformément, inconvénient que n'ont pas les roues cylindriques.

2° Faites en bois, les roues d'angle sont dispendieuses; aussi peu de personnes les emploient dans ce pays.

Le joint universel, tel qu'il est représenté *fig.* 51, peut être substitué aux roues d'angle, quand le mouvement des arbres doit être le même, et que les angles embrassés par ces arbres ne sont pas de plus de 30 à 40 degrés. Ce joint peut être construit à l'aide d'une croix, comme on le voit dans la figure, ou avec quatre boulons disposés à angles droits sur la circonférence d'un cercle ou d'une boule solide. Il sert quelquefois à communiquer le mouvement, au lieu de deux ou trois roues de champ. Souvent les pivôts des bouts de la croix, jouent dans les extrémités de demi-cercles que l'on doit boulonner. avec les arbres, afin qu'ils puissent en être séparés au besoin.

## § 82. Manière de combiner les roues, pour que leurs dents s'usent également.

On doit avoir grand soin de combiner les roues de moulin qui doivent engrener ensemble, de manière que le nombre de dents en soit tel que les mêmes dents ne se rencontreront pas souvent; car si deux dents moins dures que les autres se retrouvent fréquemment, elles s'usent plus vite et détruisent la régularité de la denture; tandis que si ces dents changent continuellement de place dans l'engrenage, elles s'usent d'une manière régulière, quand bien même, au commencement, elles eussent été un peu irrégulièrement façonnées.

Pour trouver combien deux roues doivent faire de révolutions, avant que les mêmes dents puissent se rencontrer de nouveau, servez-vous de la règle suivante :

*Règle.* 1° Divisez le nombre de dents de la grande roue par le nombre que la petite en porte ; si la division se fait sans reste, les mêmes dents se rencontreront une fois à chaque révolution de la grande roue.

2° Si la division donne un reste, divisez le nombre de dents de la petite roue par ce reste, et si la nouvelle division se fait exactement, le quotient montrera combien la grande roue fera de tours avant que les mêmes dents se rencontrent.

3° Mais si cette division ne se fait pas sans reste, la grande roue fera autant de révolutions qu'il y a de dents dans la petite roue, ou celle-ci effectuera autant de tours qu'il y a de dents sur la grande roue, avant que les mêmes dents se rencontrent : on ne peut pas faire changer plus souvent les rencontres des dents.

*Exemple* : On demande combien deux roues de 13 et 17 dents devront faire de révolutions, avant que les mêmes dents se rencontrent?

Alors 17 } 13
13 } 1
13 } 4
12 } 3
1

*Réponse* : La grande roue fera 13 révolutions, et la petite 17 révolutions.

## § 83. Théorie des cribles rotatifs et des ventilateurs ou tarares, employés dans les moulins, pour cribler et vanner le blé.

La *fig.* 52 représente un *tarare* disposé pour nétoyer le blé dans un moulin pour le commerce. *D* est le crible rotatif, *F* le

ventilateur, *AB* le tuyau expirateur ouvert en *B*, de 4 *inches* de largeur sur 3 *feet* de hauteur, afin que le grain puisse parcourir, à travers le vent, un assez grand espace, pour lui donner le temps et la facilité d'entraîner les parties légères au-delà des parties lourdes. Supposons que la profondeur et que la largeur du tuyau ne varient point dans toute sa longueur, excepté là où il communique avec les boîtes fermées ou greniers placés à sa partie inférieure; savoir : celui *C* pour le grain pur, celui *E* pour les criblures, le grain léger, et celui *G* pour la paille, les ordures, etc. Il est clair maintenant que, si l'air chassé dans le tuyau en *A*, ne peut s'échapper nulle part, il s'écoulera vers *B* avec toute sa vitesse, quelle que soit la longueur et la direction du tuyau; ce que cet air pourra entraîner en *A* sera amené vers *B*, si le tuyau présente une section équivalente dans toute sa longueur.

Il est encore évident que, si pour s'opposer à l'entrée de l'air on ferme les trous de la cage du ventilateur *F*, au travers desquels passent les bouts de son arbre, ce ventilateur ne pourra ni produire du vent ni chasser de l'air dans le tuyau *AB*. De là il résulte que, le meilleur moyeu de régler le coup de vent du tarare, est d'adapter aux ventouses des portes à coulisse pour avoir la facilité de fournir plus ou moins d'air au ventilateur, de manière à lui faire produire un vent qui suffise pour nétoyer le grain.

Le crible rotatif *D* consiste en deux cylindres de toile métallique, placés l'un dans l'autre autour du même axe. Le crible intérieur a les mailles assez ouvertes pour que tout le grain puisse passer à travers et tomber dans le crible extérieur. Le grain arrive en *d* peu à peu dans le crible intérieur qui ne retient que les *clocques*, les *bouffes*, les grosses graines d'ail et tout ce qui est plus volumineux que les grains de blé; tout cela tombe en-dehors du tarare par le bas *e*, de ce crible.

Le crible cylindrique extérieur a les mailles serrées de manière à retenir tout le bon grain, et à laisser passer la poussière, l'ivraie, les petits grains de blé, l'ail, et en général

tout ce qui est moindre que le bon grain, lequel sort au bas de ce cylindre plus court que le cylindre intérieur; le blé tombe peu à peu dans le tuyau expirateur du tarare, et pendant qu'il descend de *a* en *b*, le vent emporte tout ce qui est plus léger que le bon blé, comme la paille, la poussière, l'ail léger, les grains de blé gâtés; mais pour que cette opération se fasse bien, il faut comme je l'ai dit, que le blé parcourre une chute de 3 *feet* au moins dans le courant d'air.

Le blé nétoyé tombe dans l'entonnoir *b*, et de là dans le grenier *C*, situé au-dessus des meules. Le mauvais grain est rejeté dans le grenier *E*, et la paille se dépose dans la chambre *G*. Le courant d'air se ralentit en passant sur cette chambre, pour laisser tomber la paille; mais il reprend ensuite toute sa force et emporte la poussière au dehors du moulin, à travers le mur en *B*. Pour empêcher le courant de trop se ralentir lorsqu'il passe au-dessus des greniers *E* et *C*, sous le crible, ne donnez aux ouvertures par lesquels le grain entre et sort que la plus petite dimension possible, un demi-*inch* de large et la longueur nécessaire. Si le vent s'échappait ailleurs qu'en *B*, son effet utile serait en partie perdu, parce qu'il soufflerait la poussière dans le moulin. On peut adapter aux passages pour le grain des clapets fermés à l'aide de poids ou de ressorts, et de manière que le poids du blé qui tombe dessus les ouvre assez pour passer, sans laisser échapper le moindre vent.

Veillez à ce que le mouvement du ventilateur soit suffisant pour souffler le grain et les criblures, et pour emporter la poussière.

En appliquant convenablement les principes suivans, on pourra régler les ventilateurs de manière à remplir des conditions voulues.

Les choses principales à observer lorsque l'on établit des tarares sont les suivantes :

1° Il faut donner au crible une partie sur douze de pente, et lui faire exécuter de 15 à 18 révolutions par minute.

2° Pour que le ventilateur produise un vent assez fort, les

ailes doivent avoir 3 *feet* de long, 20 *inches* de large, et faire 140 révolutions par minute.

3° Réglez le coup de vent en alimentant plus ou moins d'air le ventilateur.

4° Ne laissez exister aucune ouverture par où le vent puisse s'échapper, autre que celle de l'extrémité du tarare, à travers le mur extérieur du moulin.

5° Là où vous désirez que le vent soit plus fort, faites le tuyau plus étroit.

6° Là où vous voulez que la paille et les ordures se déposent, élargissez le tuyau suffisamment.

7° Faites vanner le blé et les criblures, et emporter la poussière hors du moulin.

8° Le tuyau expirateur peut être d'une longueur quelconque, courbe ou droit, selon ce qui convient aux localités, mais il ne doit être nulle part plus étroit que là où le blé y arrive.

## § 84. Des tourillons, causes qui les échauffent et les ébranlent, moyens de prévenir ces inconvéniens.

La cause de l'échauffement des tourillons est leur frottement excessif, lequel engendre de la chaleur en proportion du poids qui presse les surfaces frottantes l'une sur l'autre, et de la vitesse avec laquelle ces surfaces se meuvent. Voyez § 31.

La chaleur qui dessèche le bois ou le brûle est la cause du jeu que les tourillons prennent dans les arbres, parce que le bois de ces arbres, rentrant sur lui-même, n'est plus serré par les frettes en fer dont on les garnit toujours; de sorte que le tourillon finit par ne plus tenir solidement.

Pour éviter ces effets, il faut éloigner les causes qui les produisent; ainsi,

1° Augmentez la surface de contact des parties qui frottent, et, si cela se peut, diminuez-en la vitesse, il y aura alors moins de chaleur produite;

2° Dissipez la chaleur du tourillon aussi vite qu'elle est produite, s'il est possible.

Pour augmenter la surface de contact sans augmenter la vitesse, faites le collet du tourillon plus long. Si on en double la longueur, le poids sera soutenu par une surface double, et la vitesse restant la même, il y aura moins de chaleur produite. En supposant même qu'il y en eût autant, le tourillon présentera à l'air une surface double qui en hâtera la déperdition (1).

Pour dissiper la chaleur à mesure qu'elle est produite, faites tomber lentement sur le tourillon une petite quantité d'eau qui, en s'évaporant, emportera cette chaleur. Une petite quantité d'eau produit un meilleur effet qu'une grande; il n'en faut que juste assez pour suppléer à l'évaporation sans détruire le poli donné par la graisse; ce qui arriverait si la quantité d'eau était trop grande; alors le tourillon et son coussinet seraient mis immédiatement en contact et s'useraient très-vite (2).

(1) Si un tourillon ayant 3 *inches* d'appui sur le coussinet s'échauffe, alongez-le à 6 ou 8 *inches*. J'en ai vu employer depuis 2 jusqu'à 10 *inches* de portée sur le coussinet, et ceux qui avaient le plus de longueur relativement à leur grosseur, employés par les hommes les plus expérimentés dans tout ce qui concerne les moulins, étaient effectivement les moins sujets à s'échauffer.

(2) La graisse agit peut-être de trois manières, pour diminuer le frottement, 1° les molécules de la graisse remplissent les pores du coussinet et du tourillon, et en rendent les surfaces glissantes plus unies; 2° les molécules de graisse agissent comme rouleaux entre les surfaces glissantes; 3° elles détruisent la cohésion qui aurait lieu entre les deux surfaces. Voyez § 31 et § 33.

On doit préférer l'huile pour les arbres verticaux, dont les pivôts tournent dans des crapaudines; le suif pour les tourillons ordinaires, et du noir de plomb mêlé avec du suif, pour les dents, auxquelles ce mélange donne un beau poli qui dure long-temps.

*L'anti-attrition* si célèbre, et pour laquelle on obtint une patente en Angleterre, se fait en mêlant ensemble une partie de plombagine et quatre parties de saindoux ou autre graisse.

On a trouvé que, l'usage de cette composition est bon pour toutes les parties frottantes des grosses machines, soit de bois soit de métal.

La meilleure forme que j'ai vu donner aux grands tourillons de fer coulé, pour des roues pesantes, est représentée en perspective par la *fig.* 53, où *a*, *a*, *a*, *a*, sont quatre ailes à angles droits, s'étendant d'un côté et d'autre de l'arbre. Toutes les dimensions de ces ailes sont plus grandes à l'extrémité enfoncée dans l'arbre qu'à l'extrémité extérieure, afin qu'on puisse les mouler plus commodément, et que des frettes de fer puissent être bien serrées, une sur chaque extrémité des ailes.

La *fig.* 54 est une vue du bout de l'arbre garni de son tourillon et de la frette extrême. Les frettes sont posés très-chaudes, et se resserrent de plus en plus à mesure qu'elles se refroidissent; si l'arbre est sec, elles ne se détachent jamais; ce qui arriverait si l'arbre était vert. On peut alors consolider ces tourillons en enfonçant des coins entre ces frettes et les côtés de chaque aile. Un ouvrier ordinaire peut d'ailleurs les poser facilement sans craindre de trop les excentrer.

Un excellent effet de ces ailes est de conduire la chaleur hors du pivot, jusqu'aux frettes qui sont en contact avec l'air. La chaleur étant ainsi distribuée dans une grande masse de métal, ayant une grande étendue de surface exposée à l'air, est dissipée aussi vite qu'elle est engendrée, et ne peut jamais s'accumuler assez pour détacher les tourillons, ce qui arrive souvent avec les goujons ordinaires en fer forgé. Le bois n'est pas, en effet, un aussi bon conducteur de la chaleur que les ailes en métal; aussi s'accumule-t-elle dans le petit volume des goujons et à un tel degré, qu'elle leur fait bientôt prendre du jeu.

Les tourillons doivent être faits du métal le plus dur et le mieux rafiné, pour qu'ils fassent un bon usage et ne soient pas sujets à casser; ce qu'on ne doit pas craindre si le métal est bon. Cependant, comme cela peut arriver, je propose de couler les ailes séparément du collet, comme on le voit représenté *fig.* 54, où le carré intérieur exprime une mortaise pour recevoir un goujon aciéré dessiné à part, *fig.* 55. Ce goujon doit être fixé avec une clavette en fer passant derrière les ailes, pour le serrer avec force si jamais il s'ébranlait: cette con-

struction permettrait d'ôter le goujon à volonté, pour le réparer.

Cette disposition est bonne pour les pivots des arbres verticaux, tels que ceux des moulins à cuvette, etc.

Quand le collet du tourillon est coulé avec les ailes, la partie carrée, renfermée dans l'arbre, ne doit pas être plus grande que le carré réservé en blanc et représentant la mortaise (1).

## § 85. Sur la construction des digues de moulin.

Il est plusieurs choses à observer et des dangers à éviter, lorsqu'on construit des digues de moulin. Construisez-les de manière,

1° Que la chute des eaux d'amont ne puisse pas miner leurs fondations du côté d'aval (2);

(1) Toutes les graisses empêchent le foret de mordre quand on perce le fer coulé; elles produisent l'effet contraire sur le fer forgé et l'acier, dont elles facilitent le percement.

Cette propriété du fer coulé le rend tout-à-fait propre à la fabrication des tourillons, et est la cause principale qui les a fait réussir mieux que l'on ne s'y attendait. Plusieurs meuniers et constructeurs de moulins, habiles et expérimentés, m'ont assuré que, les tourillons en fer coulé tournent mieux sur des coussinets de même métal que sur la pierre et sur le cuivre. On a vu des exemples de tourillons supportant de lourdes roues en-dessus, employées à faire tourner des meules de 7 *feet* de diamètre, présenter encore après dix ans d'un roulement continu, des marques du moulage à peine effacées. D'après cela ne pourrait-on pas s'attendre à les voir durer dix fois autant, ce qui ne ferait pas moins d'un siècle. Cependant il y a d'autres exemples de tels tourillons qui ont à peine duré quelques jours et ont laissé tomber la roue; cela provenait, sans aucun doute, de ce que le métal en était mauvais.

(2) Si vous n'avez pas pour fondations le roc massif, ou des rochers assez lourds pour que l'eau en coulant ne les dérange jamais, il faut y suppléer si ce courant est fort et la chute grande, avec de grosses pierres pas moins lourdes que des meules, placées aussi bas et aussi près l'une de l'autre que possible, et dont le côté en amont soit penché en contre-bas, afin d'empêcher que rien ne puisse s'engager par-dessous.

Mais si le terrain est sablonneux ou argileux les fondations doivent être fai-

2° Que les gros morceaux de bois, les glaçons, etc., qui pourraient flotter sur les eaux, ne puissent s'accrocher à aucun endroit, mais glissent facilement par-dessus (1);

tes avec des troncs d'arbre très-longs, couchés l'un à côté de l'autre au fond de la ravine, le côté des racines tourné en aval, placés aussi bas et aussi près l'un de l'autre que possible, dans tout l'espace où l'eau tombe. On construira la digue par-dessus, soit en bois, soit en pierres, en laissant dépasser le radier de 12 ou 15 *feet* en aval de la chute pour recevoir l'eau qui tombe. Voyez la *fig.* 56 qui représente une digue en solives, vue en perspective afin de montrer la position des bois, ainsi que celle des pierres des culées.

(1) Si la digue est construite avec du bois et de petites pierres, etc., faites le barrage en aval avec des solives équarries placées l'une sur l'autre en mettant les plus grosses, les plus longues et les meilleures dans la partie supérieure; établissez un autre barrage à 12 ou 15 *feet* en amont du précédent, et moins élevé de 3 *feet*, avec des solives jointives l'une contre l'autre, afin d'empêcher les anguilles de le traverser; liez ces barrages ensemble, de 6 *feet*, en 6 *feet* avec des solives en travers assemblées à queue d'aronde et boulonnées fortement aux solives du barrage d'amont, surtout avec les solives supérieures. L'espace compris entre ces barrages doit être rempli de pierres et de gravier, etc. Il faut choisir un temps de sécheresse pour établir cet ouvrage, alors l'eau pourra couler dans la partie inférieure, pendant que vous construirez à sec la partie supérieure.

Pour empêcher que la solive supérieure n'arrête les corps flottans, recouvrez le dessus de la digue avec des dalles ou longues pierres, en ayant soin d'appuyer les rives en aval de ces dalles contre la face en amont de la solive supérieure du barrage d'aval, de manière que ces dalles désaffleurent cette solive, et que leurs rives vers l'amont soient penchées en contre-bas, afin qu'elles puissent être recouvertes par la rangée suivante de dalles et ainsi de suite, en remontant le courant. Cette disposition oblige les corps flottans à glisser par-dessus la digue sans qu'ils puissent s'y accrocher. Si l'on ne peut pas se procurer des pierres convenables, je recommande l'emploi de fortes planches ou de petites solives juxtaposées, dont les deux extrémités seront fixées sur les solives supérieures des barrages, de sorte que leurs bouts en amont seront 3 *feet* plus bas que les bouts en aval. Mais si l'on emploie des planches il suffira d'un cadre bien solide, élevé sur les solives des barrages et auquel on clouera, soit ces planches, soit les morceaux de bois. Voyez la vue de côté de ce cadre, *fig.* 57.

Quelques personnes appliquent des planches contre les poteaux d'aval et remplissent l'espace intérieur de la digue avec des pierres et du gravier, ce que l'on peut négliger si les solives du radier sont assez longues en amont

3° Que la pression ou force de l'eau d'amont en fasse tenir ensemble toutes les parties, avec plus de fixité (1);

4° Que leur étendue soit suffisante pour que toute l'eau puisse s'écouler par-dessus durant les crues (2);

sous la digue, pour empêcher que le tout ne soit emporté. Il faut garnir le dessus de ce cadre, premièrement de pierres, ensuite de gravier, de sable et d'argile, de manière à arrêter l'eau; si les culées sont bien consolidées, la digue durera long-temps.

Le général *Ira Allen*, de l'état de Vermont, s'assura, par expérience, qu'une planche disposée dans un courant d'eau, sous un angle de 22,5 degrés avec l'horizon ou avec la surface de ce courant, le bout immergé tourné vers l'amont, est maintenue dans cette position par la force du courant, et qu'il faut alors employer, pour la déranger, un plus grand effort que pour toute autre position. Plus le courant est rapide, plus la planche offre de résistance, en supposant qu'un vide partiel tende à se former sous la planche; cela indique la meilleure position à donner à l'endossement des digues.

(1) Si la digue est construite en pierre, donnez-lui la forme d'un arc de cercle tournant la connexité vers l'amont, et faites en sorte d'établir de fortes culées à chacun des bouts pour leur servir de buttement; en posant les pierres mettez leurs extrémités les plus larges en amont, et plus elles seront poussées vers l'aval, plus elles se presseront ensemble. Les côtés en amont de toutes les pierres d'une digue doivent être penchés en contre-bas et être recouverts par les pierres qui les précèdent, comme les tuiles d'une toiture, afin que tout glisse par-dessus avec facilité. Voyez la *fig.* 56. L'endossement peut être construit en pierre sur de bonnes fondations, soit en pierres, soit en troncs d'arbres, mettant toujours les plus belles pierres sur les paremens et les inclinant un peu vers l'amont. Établissez sur le haut, une bonne solive et une autre à 15 *feet* en amont, liez-les ensemble par plusieurs autres, assemblées à queue d'aronde et fortement boulonnées en haut et en bas, avec la solive du haut et celle d'amont; remplissez les interstices avec des pierres et du gravier, et placez de grandes dalles inclinées contre la solive supérieure, afin que tout glisse facilement par-dessus. Ce mode de construction est préférable à l'emploi exclusif de la pierre, parce que, si une pierre se déplace, la brèche s'agrandit rapidement et tout s'écroule.

(2) Si l'étendue de digue sur laquelle l'eau s'écoule n'est pas assez longue, l'eau inondera souvent les culées qui, si elles sont construites en terre ou en pierres non cimentées, seront exposées à crever en formant une grande brèche. Si la digue est construite en bois, les culées doivent être en pierre, dis-

5° Que les extrémités en soient relevées, afin que l'eau ne les submerge pas dans le temps des crues;

6° Qu'elles soient établies assez loin du moulin pour que durant le temps des grandes inondations, elles n'y fassent pas refluer l'eau (1).

## § 86. Sur la construction des murs de moulin, et comment on doit en asseoir les fondations.

Les choses principales à observer en bâtissant les murs d'un moulin sont:

posées comme on le voit *fig.* 56; mais si l'on ne peut point se procurer des pierres il faut les construire en bois, quoique cette matière soit sujette à se pourir dans l'eau.

(1) J'ai vu plusieurs fois des moulins placés si près de leur digue, que le vannage était ménagé dans l'endossement de manière que, si une brèche ou une fuite d'eau avait eu lieu près du moulin, il n'y aurait pas eu moyen d'arrêter l'eau ni de la détourner, et il eût fallu laisser tout au hasard. De tels moulins sont très-souvent détruits et emportés; les meules même sont entraînées à une distance considérable par le courant, et souvent elles disparaissent dans le sable, sans pouvoir être jamais retrouvées.

Le grand danger de cette erreur frappera davantage, si nous supposons qu'il se trouve six moulins sur le même cours d'eau, placés l'un au-dessus de l'autre, chacun sur l'endossement de sa digue, et qu'une grande inondation crève la première digue en amont et emporte le moulin, les meules, etc. Les matériaux grossissent tellement l'eau que, la digue la plus proche est inondée, et rejette l'eau contre le moulin qui en est emporté. L'eau de ces deux digues a accru l'inondation à tel point, qu'elle emporte tous les autres moulins qui se trouvent sur son passage pour arriver à la sixième digue qui ne peut résister davantage. Supposons maintenant que, cette sixième digue soit située à un quart de *mile* en amont du moulin bien établi sur le rivage, l'excès d'eau qui est poussé dans le canal s'écoule par la vanne de décharge du moulin, ménagée pour cet usage, et l'eau ayant ainsi un écoulement facile n'endommage pas le moulin qui, s'il eût été placé sur l'endossement de la digue, aurait été emporté avec le reste. Un cas semblable à cette hypothèse arriva dans la Virginie en 1794, toutes les digues du Falling-Creek, dans le comté de Chesterfield, furent emportées à la fois avec tous leurs moulins, excepté le plus bas appartenant à M. *Wardrope*. La digue détruite l'année précédente avait été reconstruite à un quart de *mile* plus haut, disposition qui sauva ce moulin.

1° De poser les fondations sur de grandes pierres de bonne qualité, et à une profondeur suffisante pour les mettre hors de danger d'être minées si l'eau venait à inonder le moulin (1);

2° De ménager le centre de gravité ou du poids du mur, sur le milieu de la base de sa fondation (2);

3° D'employer de bon mortier, qui, par la suite, devienne aussi dur que la pierre (3);

(1) Si les fondations ne sont pas bonnes, si elles abondent en sables mouvans, on ne peut pas s'attendre à ce que le mur soit très-solide, à moins qu'on n'améliore la fondation en enfonçant des pilotis jusqu'à ce qu'ils atteignent le terrain ferme, pour placer par-dessus des madriers ou grandes pièces de bois platés, sur lesquelles on bâtira; ces bois ne se pourriront pas sous l'eau parce qu'ils y seront hors des atteintes de l'air.

(2) La manière la plus ordinaire de bâtir les murs est de les diriger d'aplomb en-dehors des bâtimens, et en talus en-dedans, ce qui transporte leur centre de gravité vers un côté de leur base. Voyez § 14; de sorte que, s'il arrive un tassement, le mur est disposé à tomber en-dehors. Les murs de moulin devraient avoir autant de talus dans l'intérieur qu'à l'extérieur, pour faire poser leur poids entier sur le milieu de la fondation. Si ces murs devaient être bâtis contre un *terre-plein*, dont la poussée tendrait à les renverser en-dedans, il faudrait élever d'aplomb la face du mur tournée vers la terrasse jusqu'à la surface du terrain et commencer alors à lui donner du talus vers l'intérieur.

Les règles pour diriger les aplombs devraient être faites un peu plus larges à l'extrémité supérieure qu'à l'extrémité inférieure, et de manière à donner au parement du mur l'inclinaison proportionnée à la hauteur qu'il doit avoir. Pour tracer la rive inclinée d'une telle règle, ayez un cordeau d'une longueur égale à la hauteur du mur; fixez un bout de ce cordeau à l'extrémité inférieure de la ligne d'aplomb, et tendez-le dans toute sa longueur sur la direction de cette ligne; alors faites mouvoir latéralement le bout libre du cordeau, d'autant que le mur doit avoir de talus dans toute sa hauteur; battez sur la règle la direction actuelle du cordeau dont la trace montrera l'inclinaison de la rive de la règle qui doit diriger le talus du mur. On commet souvent la faute de diriger d'aplomb la face extérieure des murs des culées des ponts; aussi tombent-ils en peu de temps, parce que la gelée fait dilater la terre qui est embrassée par les murs, ce qui les renverse.

(3) Le bon mortier doit être fait avec de la chaux bien cuite et bien pure, mélangée à du sable très-propre, non mêlé de terre, de bourbe ou

4° De cintrer le haut de toutes les portes et fenêtres, etc.;

5° De relier les murs entre eux par les poutres des planchers.

vase; alors il se durcit et acquiert la consistance d'une pierre après un long espace de temps. Il vaut mieux mettre trop de sable dans le mortier que pas assez.

Les ouvriers préféreront toujours employer du mortier gras parce qu'il se manie plus facilement; mais jamais le mortier gras ne supporte aussi bien les changemens de l'atmosphère et ne devient aussi dur que le mortier maigre. Un mortier entièrement fait de chaux, n'aurait guère plus de force que l'argile.

FIN DE LA SECONDE PARTIE.

Digitized by Google

# TROISIÈME PARTIE.

## PERFECTIONNEMENS DANS L'ART DE LA MEUNERIE.

### § 88. Description des machines.

Les perfectionnemens dans l'art de transformer le grain en farine et en fleur de farine, pour lesquels j'ai obtenu une patente, consistent dans l'invention et dans l'application des machines suivantes, savoir :

1° L'élévateur (*the elevator*).

2° Le conducteur (*the conveyer*).

3° Le refroidisseur (*the hopper-boy*).

4° Le ramasseur (*the drill.*)

5° Le descendeur (*the descender*).

Ces cinq machines sont diversement appliquées selon la construction des moulins, de manière à exécuter tous les mouvemens qu'il est nécessaire de donner au grain et à la farine, pour les transporter soit d'un endroit du moulin à un autre, soit d'une machine à celle dont l'action doit succéder. Elles font ainsi passer le blé par toutes les opérations, depuis le moment où il est versé du sac du charretier ou de la mesure à bord du vaisseau sur lequel il arrive, jusqu'à celui où il est

transformé en fleur de farine, soit surfine, soit d'autres qualités, séparées et prêtes à être mises dans des barils, pour la vente où pour l'exportation. Toutes ces opérations sont exécutées par la force de l'eau, sans autre travail manuel que celui nécessaire pour mettre les différentes machines en communication avec le mouvement du moteur, etc. L'emploi de ces machines diminue, de la moitié au moins, le travail et la dépense du service des moulins à farine. Voyez-en l'application générale, représentée par la *fig.* 81.

1° *De l'élévateur.*

L'élévateur se compose d'une courroie sans fin, tournant autour de deux poulies, dont l'une est posée dans l'endroit d'où le grain ou la farine, etc., doivent être élevés et l'autre là où ils doivent arriver. A cette courroie sont attachés de petits augets ou seaux, qui se remplissent eux-mêmes en passant sous la poulie inférieure, et qui se vident en arrivant sur la poulie supérieure. Pour empêcher la perte de ce qui peut tomber hors des seaux, les poulies et la courroie à seaux sont renfermées dans des enveloppes, de sorte que, ce qui peut se répandre descend naturellement à l'endroit d'où on l'a pris. *AB*, *fig.* 58, représente un élévateur disposé pour prendre le grain déposé en *A* et l'élever en *B*, où il est versé dans un tuyau ou *onche* mobile qui peut le conduire à divers greniers. La *fig.* 59 est une perspective de l'élévateur ; on y voit les divers moyens employés pour attacher à la courroie, les différentes espèces de seaux.

2° *Du conducteur.*

Le conducteur *KI*, *fig.* 58, est une vis sans fin, formée par deux filets minces et saillans disposés en hélices, et mise en mouvement dans une auge ; on dépose le grain à un bout de la vis qui le pousse vers l'autre, ou le rassemble en un point de sa longueur, comme on le voit en *X*, pour le verser dans

l'élévateur. Voyez *fig.* 81, *DEFG* et *HI*. On peut aussi déposer le grain au milieu pour le faire conduire à chaque bout, comme dans le conducteur *xy*.

La *fig.* 60 montre la poulie inférieure d'un élévateur de farine, renfermée dans sa cage et un conducteur de farine couché dans son auge; l'emploi de cette machine est de conduire la farine depuis les meules jusqu'à l'élévateur, au fur et à mesure qu'elle tombe de l'*anche* de l'*archure*.

Le conducteur est construit avec un arbre à huit pans, auquel sont fixées de petites planches ou palettes *conductrices*, inclinées à son axe et qui servent à pousser la farine d'une extrémité de l'auge à l'autre. Ces palettes sont disposées en rampant, comme le montre l'hélice ponctuée qu'elles croisent à angles droits. Cette machine, dont le principe est dérivé de celui d'une vis, transformée en un nombre suffisant de palettes, est ce que l'on trouve mieux pour conduire la farine encore chaude.

Outre les palettes conductrices, il est quelquefois nécessaire d'en employer d'autres, appelées *releveuses*, dont le plan passe par l'axe de l'arbre, destinées à prendre la farine d'un côté de cet arbre pour la laisser tomber de l'autre, afin qu'elle se refroidisse plus vite. On emploie les palettes releveuses lorsque la farine est très-chaude ou que le conducteur est court; leur nombre est moitié de celui des palettes conductrices. Voyez *fig.* 81, un conducteur *JK*, amenant à l'élévateur *PQ* la farine de trois paires de meules.

### 3° *Du refroidisseur.*

La *fig.* 61 représente un refroidisseur consistant en un arbre vertical *AB*, ne faisant pas plus de 4 révolutions par minute, en entraînant avec lui la pièce de bois horizontale *CD*, qui en forme les *bras* et est adaptée à sa partie inférieure. Ces bras sont garnis de petites planches obliques, nommées *ailes*, ar-

rangées de manière à pouvoir ramener la farine vers le centre ; ou à l'étaler à partir du centre jusqu'à cette partie du bras qui passe au-dessus de la tremie du blutoir. Cette partie du bras est munie d'une planche *E* à rebords dirigés en avant, appelée *balayeur*, qui pousse la farine devant elle pour la verser dans les tremies *H*, *H*, au moment où les bras passent par-dessus. On laisse tomber ordinairement la farine de l'élévateur vers l'extrémité *D* du bras du refroidisseur, où se trouve un balayeur qui la pousse devant lui et l'étale en cercle, de manière à se débarrasser presque entièrement de sa charge, avant de retourner en prendre une autre. Alors les ailes ramènent vers le centre la farine de toutes les parties du cercle, ce qui n'aurait pas lieu si les balayeurs ne la disposaient pas en rond. Ces balayeurs sont vissés sur le derrière des bras, afin qu'on puisse les lever ou les baisser à volonté, pour les faire se décharger plus vite ou plus lentement, selon le besoin.

L'aile située à l'extrémité de chaque bras est fixée par un boulon qui passe à travers son milieu, et donne la facilité de la tourner pour lui faire pousser la farine en-dehors. L'objet de ces ailes est d'étendre en cercle la farine chaude, à mesure qu'elle tombe de l'élévateur. et en même temps que la machine rassemble la farine rafraîchie dans la trémie du blutoir ; de telle sorte que, la farine froide soit blutée et la farine chaude étalée pour rafraîchir, simultanément, si le meunier le désire.

Le bord antérieur des bras est coupé en biseau afin qu'ils puissent s'élever au-dessus de la farine ; et le poids en est à peu près balancé par le contre-poids *w*, suspendu à l'un des bouts d'une corde passant au-dessus de la poulie *P*, et attachée au support en fer *F*. Le bas de l'arbre vertical est cylindrique sur une hauteur de 4,5 *feet*, et passe librement au travers d'un trou rond, pratiqué dans les bras ailés qui, par ce moyen, peuvent s'élever ou se baisser facilement, selon la quantité de farine sur laquelle ils passent. Les bras ailés sont entraînés dans le cercle qu'ils décrivent, par les bras meneurs *LM*, à l'aide d'une corde passant

à travers des trous pratiqués à chacun de leurs bouts et attachée aux bras ailés *DE,GC*. Cette corde peut être alongée ou raccourcie à l'aide d'un bâton d'arrêt *N*, ayant deux trous pour la recevoir, et au bout duquel elle est nouée après avoir été passée à travers un œil en *D*. Cette corde doit passer librement dans les trous des extrémités des bras meneurs, afin que ses parties puissent être également tendues. Les bras ailés sont en arrière des meneurs, du sixième de la circonférence du cercle. L'arc-boutant double *GFE*, porte en *F*, un anneau qui embrasse l'arbre sans le serrer; il sert à maintenir les bras ailés, et à en suspendre les bouts à la même hauteur, au moyen des vis *G*, *E*.

La *fig.* 62 représente les bras ailés d'un refroidisseur, vus par-dessous; ces bras sont munis de toutes leurs ailes et de leurs balayeurs, fixés par les boulons *s,s,s*.

La *fig.* 63 montre la règle qu'il faut suivre pour placer les ailes. Lorsque le balayeur est tourné dans la position indiquée par la ligne ponctuée *b l*, il pousse la farine en dehors.

La *fig.* 64 représente une plaque de fer que l'on fixe au bas de l'arbre du refroidisseur, pour maintenir les bras ailés à une hauteur convenable au-dessus du plancher.

La *fig.* 64 représente le pivot de l'arbre.

### 4° *Du ramasseur.*

**Le ramasseur consiste en une courroie sans fin, mise en mouvement, comme celle d'un élévateur, autour de deux poulies, dont les axes sont placés presque dans le même plan horizontal. Au lieu de seaux, la courroie est munie de petits râteaux qui entraînent le grain ou la farine, tout le long du fond de la huche qui les renferme. Voyez *GH*, *fig.* 58. On y livre le grain en *H* et il sort en *G*. On peut quelquefois, et avec moins de dépenses, employer le ramasseur au lieu du conducteur ; si on le place un peu en descendant, il entraîne le grain ou la farine avec facilité et il opère bien même en montant un peu.**

5° *Du descendeur.*

Le descendeur est une large courroie sans fin, faite avec du cuir extrêmement mince et souple, du canevas ou de la flanelle, etc., embrassant deux poulies pouvant tourner sur leurs petits pivots et renfermées, ainsi que la courroie, dans une caisse ou auge pour empêcher que rien ne se perde, et dont l'un des bouts doit être plus bas que l'autre. Voyez *EF*, *fig.* 58. Le grain ou la farine tombent de l'élévateur sur la partie supérieure *E*, de la courroie, qu'ils mettent en mouvement et par leur propre gravité et par leur chute; la machine se débarrasse de sa charge, sur la poulie inférieure *F*. La courroie est munie de deux petits seaux, destinées à relever ce qui peut tomber au fond de la caisse.

Cette machine agit à la manière d'une roue hydraulique en-dessus et peut conduire la farine à une distance considérable, avec très-peu de pente. Quand on peut facilement lui donner le mouvement par l'eau, on doit le faire plutôt que de la laisser se mouvoir d'elle-même; parce qu'il suffit de peu de chose pour l'arrêter et qu'elle est sujette à donner de l'embarras.

L'anche pivotante est fixée à un arbre tournant sur pivots, de manière à pouvoir être dirigée à volonté de tous côtés, comme une grue; le grain tombe de l'élévateur dans cette anche, qui, en la tournant convenablement, peut le diriger dans tous les greniers. Elle doit être bien jointe et jouer sous un large plateau. Le grain est admis près de l'arbre par le milieu de ce plateau, de manière à ce qu'il entre toujours dans l'anche. Voyez-la en *h* *fig.* 58. La *fig.* 77, en est la vue par-dessous, et la *fig.* 78, la vue par-dessus. Son arbre descend assez bas pour qu'un homme debout, sur le plancher, puisse la tourner par le manche *X*, *fig.* 58.

## § 89. Application des machines dans les procédés de transformation du blé en farine superfine.

La *fig.* 81 n'a pas été tracée dans le but de donner le plan d'un moulin, mais seulement pour démontrer l'application et l'usage des machines patentées. Le grain versé de la charrette même dans le tuyau *e* passant à travers le mur, est conduit dans les balances *f*, qui sont disposées pour en contenir 10, 20, 30 ou 60 *bushels*, à volonté.

Pour compter plus commodément, il faudrait se servir de poids de 60 *pounds* chacun, divisés en 30, 15 et 7 ½ *pounds*. Alors chaque poids représenterait un *bushel* de grain, et les subdivisions, des demi *bushels*, des *pecks* et des *gallons*, dont il serait ainsi très-aisé de tenir compte.

Quand le blé est pesé, ouvrez le tiroir du fond des balances, et laissez-le tomber dans le grenier *h*, au bas duquel se trouve un autre tiroir ou trappe, par où vous le laisserez aller dans l'élévateur *GL*, qui l'élèvera jusqu'en *L*, et le versera dans l'anche pivotante. Celle-ci étant dirigée au-dessus du grand grenier *k*, qui communique au travers de l'étage inférieur à un autre grenier *l*, situé au-dessus des meules *M*, disposées pour écorcer et frotter le grain avant le moulage, le blé tombe dans ces meules qui en séparent la poussière, cassent les grains de blé attaqués par les insectes, ainsi que les grosses ordures, etc.

A mesure que cette opération s'effectue, le produit est conduit suivant les lignes ponctuées dans le grenier *h*, en traversant un courant d'air qui débouche dans la chambre *n*, n'ayant qu'une seule ouverture *a* dans le plancher inférieur par où le vent puisse s'échapper; toute la paille se dépose dans cette chambre, mais la poussière est entraînée en *a* par le vent. Le blé retombe ensuite en *G* dans l'élévateur *GL*, et l'anche pivotante le dirige de *L* dans l'une ou l'autre des trémies de tarare *q*, *q'*, où ce grain est déposé jusqu'au moment où il passe dans les cribles

16.

rotatifs *t*, pour tomber à travers le courant d'air excité par le ventilateur *v*.

Le bon grain nettoyé descend par l'entonnoir *u* dans le conducteur *xy*, qui le distribue à tous les greniers $l, l', l''$, situés au-dessus des trémies $m, m', m''$, des meules $M, M', M''$, auxquelles ces trémies le fournissent régulièrement; parce qu'elles renferment toujours elles-mêmes, une égale quantité de blé. A mesure qu'elle est produite, les anches des meules versent la farine dans le conducteur *JK*, qui la conduit en *P*, d'où l'élévateur de farine *PQ*, l'élève en *Q*, pour la laisser couler doucement le long du conduit *T*, vers le refroidisseur *RS* qui l'étale, la rafraîchit suffisamment et la ramasse pour la verser dans les trémies des deux blutoirs *b*, où elle arrive régulièrement. Tandis que la farine descend dans ces blutoirs, dont la toile est très-serrée, la farine surfine ou *fleur* passe au travers et tombe dans la huche *B*, placée à l'étage inférieur. Si la farine devait être expédiée sur des charrettes, elle devrait être emballée dans cet étage pour pouvoir être plus commodément chargée; mais si elle doit être mise à bord d'un vaisseau, il sera plus commode de l'emballer dans l'étage au-dessous, hors du coffre *B'*, et de la rouler sur le vaisseau par l'ouverture *A*, ménagée dans le mur. Les recoupes et le son doivent être retenus au second étage; afin que, pour épargner de la main-d'œuvre, ils puissent être versés par des anches ou tuyaux, dans le magasin du navire.

Ce qui ne passe pas au travers du premier bluteau *b* est dirigé à la tête du blutoir *b'*, situé au-dessous dans la même huche près du plancher, pour ménager tant l'emplacement que les mécanismes. La tête de ce blutoir est formée de 6 ou 7 *feet* d'étamine fine, pour laisser passer la *seconde farine;* viennent ensuite les *gruaux* et les *recoupes*.

La seconde farine qui tombe de l'extrémité du premier blutoir *b* et de la tête du second blutoir *b'*, doit encore être blutée. Elle est conduite pour cela par le tuyau pointillé *cJ* dans le conducteur *JP*, qui la reélève de *P* en *Q*, avec la farine venant

des meules; on peut admettre en même temps un peu de son, afin de tenir l'étamine ouverte quand il fait chaud. Si la localité ne présente pas assez de chute pour que la farine coule dans le conducteur inférieur, on peut en placer un autre, comme *UV*, pour la conduire dans l'élévateur. On emploie une petite planche régulatrice pivotant en *z* sous l'extrémité des blutoirs supérieurs *b*, pour recueillir plus ou moins de farine.

A mesure que les *reprises* tombent, elles sont conduites dans l'œillard d'une autre paire de meules, par le conducteur *UV*, pour être remoulues avec le grain, ce qui est la meilleure manière d'opérer; parce que le grain les empêche d'empâter les meules; qu'elles sont régulièrement mêlées avec la farine et qu'on ne perd pas de temps. On se sert d'une planche à coulisse inclinée pour guider les reprises sur le conducteur, afin que le meunier n'en prenne que la quantité qu'il veut remoudre. Une autre petite planche régulatrice existe entre la seconde farine et les reprises ou gruaux, et sert pour en guider plus ou moins sur les meules ou dans l'élévateur.

Le grain léger, les criblures, etc., après avoir été vannées par le ventilateur, tombent dans le grenier *g*; la paille est chassée plus loin, elle se dépose dans la chambre *i*, et la plus grande partie de la poussière est emportée par le courant d'air à travers le mur. Pour la théorie du vannage du blé, voyez § 83, pag. 208.

*Manière de nétoyer les criblures.*

Ouvrez le petit tiroir $g'$ et laissez descendre les criblures au pied de l'élévateur *GL*, pour être élevées dans le grenier *q*, ouvrez alors le tiroir de ce grenier *q*, fermez celui $g'$ et celui du grenier $q'$, pour laisser repasser les criblures dans le crible cylindrique *t*, et à l'action du ventilateur *v*. A mesure qu'elles tomberont en *u*, dirigez-les en *G* avec le tuyau ponctué, afin que l'élévateur *GL* les relève dans la trémie $q'$. Cela fait, ouvrez le tiroir $g'$, fermez celui de la trémie *q*, laissez

parcourir encore aux criblures le même trajet pour retourner dans le grenier *q*, et ainsi de suite, autant de fois que vous le jugerez nécessaire. Quand les criblures sont nétoyées, dirigez-les sur des meules pour y être moulues.

Les criblures des criblures se trouvent à-présent dans le le grenier *g*; on peut les nettoyer encore comme ci-dessus, et faire avec elles une qualité inférieure de farine.

Par ce moyen, le blé est entièrement séparé de la graine des mauvaises herbes, etc., laquelle servira de nourriture aux bestiaux.

Tel est le procédé complet de fabrication de la farine, depuis l'arrivée du grain jusqu'au départ de cette farine, sans autre travail manuel que celui de l'emballer et de la rouler sur la voiture.

## § 90. Manière de débarquer le grain.

Si le grain arrive au moulin sur des vaisseaux sans avoir été mesuré, on peut alors mettre en mouvement, par le moyen du grand rouet, un conducteur *DFG fig.* 81 placé soit en-dessous, soit au-dessus du plancher le plus bas, selon ce qui conviendra le mieux à la hauteur de ce plancher au-dessus des hautes eaux. Ce conducteur doit être formé de deux parties réunies au milieu par un joint universel *F*, donnant la facilité d'élever ou de baisser l'extrémité qui aboutit au vaisseau, suivant que la marée l'exige. A mesure que le blé est mesuré on le verse dans la trémie *D*, d'où il est conduit à l'élévateur *GL* par le conducteur *DFG* qui frottera le grain, de manière à suppléer l'action des meules frottantes. Dans la vue d'entraîner la poussière hors du moulin, aussitôt qu'elle est détachée du grain et avant que celui-ci n'entre dans l'élévateur, on dirige par un tuyau *v' F* dans la caisse du conducteur, une partie du vent que produit le ventilateur *v*, laquelle chasse la poussière aux deux extrémités *E*, *G*, de la caisse.

Dans certains cas on emploie un petit élévateur *NN'*, dont

la poulie supérieure *N* tourne autour d'un axe fixe, et dont l'extrémité inférieure *N'* est posée sur le pont du vaisseau ; cet élévateur doit être dirigé suivant une pente assez grande pour que le vaisseau puisse monter ou baisser facilement, le pied de la machine ne faisant que glisser un peu sur le pont. L'étui de la partie descendante ou inférieure de la courroie de cet élévateur doit être très-courbée, pour empêcher que les bords des seaux ne s'usent trop vite par leur frottement contre la paroi de l'étui. Le blé mesuré est versé dans la trémie, qui le laisse tomber au pied de la poulie.

Mais si le grain ne doit pas être mesuré au moulin, servez-vous alors d'un élévateur *OO'* qui le prenne à fond de cale, pour l'élever jusqu'à la croisée la plus commodément placée. Dans ce cas, la poulie supérieure *O* doit être fixée, comme je l'ai déjà dit, à un châssis pouvant monter et descendre dans des rainures circulaires, pour lui donner la facilité de suivre les variations de niveau de la marée et de la hauteur du blé dans le vaisseau.

La *fig.* 82 représente le châssis mentionné et la manière d'y suspendre l'élévateur ; voyez, pour sa description détaillée, la dernière partie du § 95.

Le châssis est suspendu par une forte corde passant sur une forte poulie ou rouleau *X*, et de là, autour de l'axe de la roue *Y*. Au tour de cette roue passe une autre corde s'enroulant sur l'axe de la roue *Z*, autour de laquelle se trouve une petite corde qui, passant sur la poulie *p*, arrive jusqu'au pont du vaisseau où on l'accroche. Un homme en tirant cette corde peut soulever tout l'élévateur, parce que si le diamètre des roues a 4 *feet* et celui des axes 1 *feet*, l'effort de la puissance sera de 16 fois sa valeur, selon le § 20. On peut dresser l'élévateur et l'appuyer contre le mur du moulin, jusqu'à ce que le vaisseau soit arrivé et bien amarré ; on le dirige ensuite au fond de cale sur le blé, et le bas étant ouvert, les seaux se remplissent en passant par-dessous la poulie. Un homme tient la corde *pp'* et permet à l'élévateur de descendre à mesure que le blé diminue, jusqu'à

ce que la partie inférieure de la cage, qui doit être construite de manière à empêcher que les seaux ne touchent le vaisseau, pose à fond de cale. De cette manière on pourra élever 1,2 ou 300 *bushels*, selon la grandeur du vaisseau et la profondeur du fond de cale, à raison de 300 *bushels* par heure. Quand le grain cesse de descendre naturellement vers l'élévateur, un homme peut l'approcher avec une pelle, jusqu'à ce que tout soit déchargé.

L'élévateur dépose le blé dans le conducteur *HI*, qui l'amène aux trémies *q*, *q'*, des cribles *t*, ou à toute autre, d'où il descend dans l'élévateur *GL*, ou dans les meules frottantes *M*.

Ce conducteur peut servir au lieu de meules frottantes, et la poussière qu'il détache doit être alors chassée à travers le mur en *h'* par un tuyau à vent dirigé du ventilateur *v*, vers l'extrémité *I* du conducteur *HI*. Les passages pratiqués en *H*, *q* et *q'* doivent être petits, afin que le vent ne s'échappe pas ailleurs qu'en *h'* où il soufflera la poussière.

On pourra admettre une petite quantité de vent dans le conducteur *xy*, pour faire emporter la poussière qu'il détache.

Le ventilateur doit souffler avec beaucoup de force pour suffire à tout, et cette force doit être réglée d'après les indications du § 83.

## § 91. Moulin pour moudre des parcelles de blé.

**Le grain de chaque personne doit être déposé dans un grenier particulier et être traité isolément dans tout le cours de la fabrication ; cela occasione beaucoup d'ouvrage, mais on peut le faire exécuter presque entièrement par des machines. Voyez la *fig.* 58 qui représente un moulin muni d'un élévateur et d'un nombre convenable de greniers, destinés à contenir les différentes parcelles de grain.**

**Ici comme dans la *fig.* 81, le grain, au sortir de la charrette, est versé dans le grenier *G*, par le conduit *T* passant à travers le mur du moulin. En ouvrant le tiroir *t* le blé entre dans l'élévateur *AB* qui l'élève dans l'anche pivotante *h*,**

laquelle est tournée vers le tuyau supérieur *DC*, qui le dirige au-dessus des greniers. Au fond de ce tuyau sont pratiqués de petits tiroirs correspondant chacun à un de ces greniers, et désignés par les mêmes lettres primées.

Supposons que vous voulez déposer le grain dans le grenier *d*, fermez le tiroir *d''* du fond et ouvrez celui *d'* du tuyau supérieur, afin d'empêcher le blé de passer au-delà et pour le faire tomber dans le grenier *d*. Agissez de même pour tous les autres greniers *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, etc.

Ces greniers sont tous construits en forme de trémie; ils ont une ouverture d'à peu près 4 *inches* au plancher et presque la hauteur de l'étage; mais lorsqu'ils traversent l'étage inférieur, ils sont réduits à un simple tuyau de 4 *inches* en carré, qui aboutit au tuyau d'évacuation *LM*, lequel conduit le grain à l'élévateur. Dans chacun de ces tuyaux se trouve un tiroir indiqué par la même lettre; ainsi, lorsqu'on désire moudre le grain renfermé dans le grenier *d*, on ouvre le tiroir *d'* pour laisser tomber le blé dans le tuyau inférieur et de là dans l'élévateur *AB*, qui l'élève dans l'anche pivotante *h*, dirigée au-dessus du crible rotatif.

Sous la rangée supérieure de greniers, on en construit une autre; celle-ci est disposée de manière à ce que les tuyaux descendant de la rangée supérieure, passent dans les cloisons de la rangée inférieure; de même les tuyaux supérieurs de la rangée de greniers inférieure passent dans les cloisons de la rangée supérieure de greniers, pour arriver jusqu'au tuyau alimentaire *DC*. Ces greniers et les tiroirs correspondans sont marqués comme les autres, des mêmes lettres primées.

Si l'on ne peut pas établir commodément le tuyau *DC*, qui conduit le blé de l'élévateur aux divers greniers; et celui *ML* qui le ramène des greniers à l'élévateur une seconde fois, on peut employer à cet usage des conducteurs tels que *RS* et *IK*.

Pour que les différentes parcelles de blé soient tenues séparées, l'élévateur de farine doit être muni d'une anche pivotante, ou de tout autre moyen de verser la farine de la

seconde parcelle, sur un autre endroit du plancher, jusqu'à ce que la première parcelle soit blutée. Il faut que la huche soit vidée, quand la farine de la seconde parcelle est conduite dans la trémie du blutoir.

J'observerai ici que, dans les moulins employés à moudre en détail, la seconde farine doit être livrée au refroidisseur par un élévateur particulier, pour être ensuite blutée ; elle ne doit pas être versée dans le conducteur, comme on le voit *fig.* 81 ; parce qu'alors les différentes parcelles ne pourraient pas être tenues séparées.

Les avantages offerts par les machines appliquées aux moulins pour moudre des parcelles de blé, sont très-grands :

1° Sans elles on aurait beaucoup de travail à faire pour transporter les différentes parcelles d'un endroit du moulin à un autre, transport que ces machines exécutent.

2° Elles rafraîchissent et blutent la farine presqu'en même temps que le blé est moulu.

3° Elles économisent l'emplacement ; parce qu'on n'a plus besoin d'étaler la farine pendant 12 heures pour la rafraîchir, comme on le fait ordinairement, et qu'une seule parcelle est étalée à la fois sur le plancher.

4° Le moulage se fait très-vite, parce qu'il n'est pas nécessaire d'arrêter les meules ni les blutoirs, pour séparer les parcelles. Les criblures de chaque parcelle peuvent être nétoyées sans peine, comme on l'a indiqué au § 89, et la farine peut être presque entièrement emballée avant que le moulage soit fini. De manière que, si une parcelle de 60 *bushels* arrive au moulin le soir, le propriétaire peut reprendre la farine le lendemain matin, nourrir ses chevaux avec les résidus et apporter sa charge au marché.

## § 92. Moulin pour moudre de très-petites parcelles.

La *fig.* 83 représente un moulin à farine construit de manière à ce que, le blé étant déposé dans les trémies des meules soit moulu et bluté, et remis ensuite dans les sacs.

On verse le grain dans la trémie $A$, et à mesure qu'il est moulu, la mouture se rend en $B$, dans l'élévateur qui l'élève et la laisse couler dans la trémie du blutoir par un large entonnoir $C$, et quand elle est blutée, la farine tombe dans les sacs $d$, $d'$. La huche a la forme d'une tremie et est garnie d'une cloison pour séparer, si on le désire, le *blanc* de la *seconde farine de blé*; un sac est placé sous chaque division, et sur le haut de la cloison on fixe en $X$, à charnière, une planche régulatrice, afin de régler à volonté la séparation des deux espèces de farine.

Si le son gras a besoin d'être moulu une seconde fois, comme cela arrive souvent, on le fait tomber dans une boîte située au-dessus de la trémie $A$, et en ouvrant le petit tiroir $b$ on peut l'introduire dans la trémie, aussitôt que le grain est entièrement moulu. Lorsqu'on en blute la mouture, on laisse couler le *son maigre* dans le sac $d''$ par le tiroir $c$ que l'on ouvre, après avoir fermé celui $b$.

A mesure que le grain déposé dans la trémie $F$ est moulu, la mouture tombe dans le ramasseur, qui l'amène dans l'élévateur $B$, lequel l'élève dans le blutoir, comme on l'a déjà dit.

Pour séparer les différentes parcelles, le meunier, quand il voit que la première mouture est tombée dans l'élévateur, ferme le tiroir $B$ ou celui $d$, afin de lui donner le temps d'entrer dans le blutoir; il arrête ensuite le trémoussement du sabot $e$, en tirant la corde qui passe par-dessus les poulies $p$, $p$, pour l'attacher à un clou. Il ouvre alors le tiroir $B$ ou $d$ et laisse entrer la seconde mouture dans l'élévateur, pour qu'elle soit conduite dans la trémie du blutoir. Après avoir donné le temps à la première mouture d'entrer dans les sacs qui sont immédiatement remplacés par les sacs de la seconde mouture, il décroche la corde, permet le trémoussement du sabot et commence à bluter la mouture de la seconde parcelle.

Si l'on ne veut pas recevoir immédiatement la farine dans les sacs, on les remplace par des boîtes munies de pieds, hors desquelles le meunier ou le propriétaire l'ôteront pour l'ensacher, à mesure qu'elle sera blutée et mélangée comme on le désire.

Les avantages de ce perfectionnement sont les suivans :

1° Il épargne la peine d'élever, d'étendre et de rafraîchir la farine, d'élever le son gras pour être remoulu, de nétoyer la huche et de remplir les sacs.

2° L'ouvrage est fait avec plus de promptitude et moins de déchet, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter les meules ou le blutoir pour tenir les parcelles séparées ; celles-ci sont blutées presque aussitôt que moulues, et le propriétaire du blé perd moins de temps.

Les parois des huches doivent offrir des pentes assez rapides, pour ne pas permettre que la farine s'amoncelle, et pour que le meunier, puisse facilement l'en détacher au besoin, en frappant sur le fond.

L'élévateur et le ramasseur devraient être faits de manière à se vider à chaque révolution. Le ramasseur devrait avoir une ou deux brosses au lieu de râteaux, pour balayer la caisse aussi à chaque révolution ; l'auget ou sabot de la trémie du blutoir doit être court et très-incliné, afin qu'il se vide promptement.

On peut employer le même mécanisme pour moudre en gros, en ajoutant une anche pivotante ou un petit tiroir en *C*, pour verser la farine dans le refroidisseur qui doit alors servir le blutoir.

Un moulin construit de cette manière, peut moudre des parcelles de grain pendant le jour et moudre en gros pendant la nuit.

Dans les moulins pour le détail, un ramasseur est préférable à un conducteur ; parce qu'il se vide plus vite et beaucoup mieux. Le diamètre de la poulie inférieure de l'élévateur est deux fois aussi plus grand que celui des poulies du ramasseur. La poulie inférieure de l'élévateur et une des poulies du ramasseur, sont fixées sur le même arbre, l'une à côté de l'autre. L'élévateur fait mouvoir le ramasseur, et la poulie de ce dernier étant plus petite, laisse assez de place pour que la farine puisse tomber dans les seaux de l'élévateur.

### § 93. Manière d'employer la force du cheval pour élever le grain, le sel ou toute substance granulaire hors des vaisseaux et pour les mettre en magasin.

La *fig.* 66 représente l'élévateur et la manière de le mettre en mouvement ; le cheval est attelé à l'extrémité du lévier *A* d'un manège par le moyen duquel il tourne l'arbre vertical *B*. Sur le haut de cet arbre est fixée une roue menante *C*, de 96 dents, de 2 ½ *inches* de denture, pour engrener dans la roue menée *D* de 20 dents, sur l'arbre de laquelle est une autre roue menante de 40 dents. Celle-ci engrenne dans une autre roue menée de 19 dents, fixée sur le même arbre que la poulie de l'élévateur. Ainsi, si le cheval fait à peu près 3 tours par minute, ce qui aura lieu s'il parcourt un cercle de 20 *feet* de diamètre, cette poulie fera à peu près 30 révolutions par minute ; de sorte que si elle a 2 *feet* de diamètre, et si les seaux contenant 1 *quart* chacun, sont placés de *foot* en *foot* sur la courroie, l'élévateur élèvera à peu près 187 *quarts* par minute, ou 320 *bushels* en une heure, ou enfin 3840 *bushels* de blé en 12 heures. Le cheval aura donc à élever le poids d'un *quart* de blé sur chaque *foot* de hauteur de l'élévateur, ainsi pour 48 *feet*, hauteur des plus hauts magasins, le cheval devrait élever 15 *bushels* de grain, avec une vitesse égale à sa marche, ce qu'il fera, je pense, très-facilement, tout en surmontant le frottement de la machine ; d'après cela on doit apercevoir les grands avantages de cette application.

L'extrémité inférieure de l'élévateur doit arriver contre le flanc du vaisseau, et le grain, le sel, etc., doivent être versés dans une trémie ; quant à l'extrémité supérieure elle peut passer à travers une fenêtre ou une porte, selon ce qui sera le plus commode. L'étui de la partie descendante de l'élévateur doit être un peu courbe, pour que les seaux ne frottent pas contre, en descendant.

### § 94. Élévateur pour le grain, etc., mu par un homme.

Cet élévateur est représenté par la *fig.* 67; *A*, *B*, sont deux poulies sillonnées chacune de deux gorges profondes destinées à recevoir des cordes; ces poulies sont ajustées l'une à côté de l'autre, sur le même arbre que la poulie supérieure de l'élévateur, et de telle manière qu'elles puissent tourner facilement à rebours sur l'arbre, mais que des cliquets tombant dans les dents de deux roues à rochets voisines, fixées sur l'arbre, les empêchent de tourner en avant sans entraîner celui-ci. La *fig.* 68 est une vue de côté d'une poulie, de la roue à rochet et du cliquet. *C*, *D*, *fig.* 67, sont deux léviers semblables aux pédales de tisserand; une tringle légère monte du lévier *C* au-devant de la poulie à gorge *B*, où elle est attachée à une corde qui en enveloppe la moitié de la circonférence; de ce lévier *C* s'élève encore une corde passant sur le derrière de la poulie *A*; de même du levier *D* partent une tringle légère qui arrive sur le devant de la poulie à gorge *A*, et une corde qui va derrière la poulie à gorge *B*.

L'homme qui doit mettre en mouvement cette machine est debout sur les pédales et tient avec ses mains, les tringles mentionnées. Lorsqu'il appuie sur la pédale *D*, elle descend et la tringle correspondante tire la poulie *A* en avant, tandis que la corde ramène en arrière la poulie *B*. Quand le manœuvre presse la pédale *C*, la tringle qui en dépend tire en avant la poulie *B*, et la corde ramène la poulie *A* en arrière : mais les cliquets tombent dans les dents des rochets de manière que, les roues ne peuvent pas se mouvoir en avant sans entraîner la poulie de l'élévateur, que les pédales font ainsi mouvoir dans un seul sens. Afin de maintenir la régularité du mouvement on emploie un lourd volant *F*, en métal coulé, pour mieux vaincre la résistance de l'air.

Pour calculer la quantité de blé qu'un homme peut élever à

une hauteur quelconque, supposons d'abord que son corps pèse 150 *pounds;* supposons encore qu'un homme peut monter un escalier avec la vitesse de 70 *feet* par minute, par la force réunie de ses jambes et de deux bras; ou admettons, ce qui revient au même, qu'il peut faire mouvoir le poids de son corps sur les pédales, à raison de 70 pas par minute. Supposons enfin, d'après les § 20 et § 42, et parce que dans l'expérience de la table, § 37, sept *pounds* étant chargés de 6 *pounds*, agirent avec la vitesse d'un *foot* par seconde, que l'on perd ici le tiers de la puissance pour obtenir la vitesse et surmonter le frottement qui est considérable dans le cas actuel. Il restera finalement 100 *pounds* élevés à 70 *feet* par minute, ce qui équivaut à 200 *pounds* élevés à 35 *feet*, hauteur du 3e étage; ou encore à 200 *bushels* de blé par heure, ou 2408 *bushels* élevés à la même hauteur en 12 heures.

On verra à quoi tiennent les grands avantages que présentent et cet emploi de l'élévateur et ce mode d'application de la force de l'homme, si on considère que, celui-ci fait usage de la force de ses bras et de ses jambes, pour mouvoir son corps d'une pédale à l'autre, et que son propre poids fait tout l'ouvrage; tandis qu'en portant les sacs sur son dos, l'homme n'emploie que la force de ses jambes pour élever le poids de son corps et celui de sa charge : à cela il faut ajouter les détours qu'il fait ordinairement jusqu'à l'endroit où il vide le sac, et son retour sans charge; l'élévateur, au contraire, prend le chemin le plus direct et travaille toujours avec régularité.

L'homme doit être placé près d'un banc élevé comme celui des tisserands, sur lequel il puisse appuyer une partie de son poids et se reposer même de temps en temps, quand la machine marche avec une charge légère. Une poutre doit passer au-dessus de la tête du manœuvre pour qu'il puisse l'y appuyer, quand il a à surmonter des résistances extraordinaires.

C'est probablement là le meilleur des modes d'application de la force de l'homme à la production du mouvement de rotation.

*Description de la figure* 84.

Le grain est versé dans le tuyau *A* qui le guide dans le grenier *B*; d'où en ouvrant le tiroir *c*, il passe dans l'élévateur *CD*, qui l'élève en *D* et le jette dans l'anche pivotante *E*, laquelle est fixée sur des pivots de manière à pouvoir être dirigée sur chacun des greniers environnans; par exemple dans la trémie *F* du tarare, qui est divisée en deux parties *F* et *G*. De là le blé s'écoule dans le crible rotatif *H*, lorsqu'on ouvre les petits tiroirs *a*, *e*; il traverse le tuyau expirateur *I* du tarare et tombe dans la petite trémie mobile *K*, qui peut être placée de manière à le guider dans l'un des greniers, *L* ou *M*; il est ensuite admis dans les trémies des meules situées au-dessous, par les petits sacs *b*,*b'*, à mesure qu'il est moulu.

La mouture tombe dans le conducteur *NN'*, qui la conduit dans l'élévateur *OO'*, lequel l'élève et la livre en *P* au refroidisseur *P*,*Q*, construit de manière à pouvoir l'étendre graduellement en rond et à l'amener vers le centre, jusqu'à ce qu'elle entre dans les trémies *q*,*q* des blutoirs.

A mesure que la seconde farine tombe, elle est guidée dans l'élévateur et monte avec la farine brute. Pour avoir la facilité de reprendre la portion convenable de la farine passant au travers du premier blutoir, on dispose une planche régulatrice *R*, sur une charnière, sous les toiles surfines, de manière à ce qu'elle puisse être penchée vers la tête ou vers le bas du blutoir, pour diriger à volonté dans l'élévateur, une quantité plus ou moins grande de farine.

On peut disposer un cercle de grosse étamine ou de toile métallique, aux pieds des blutoirs superfins, pour laisser passer tout, excepté le son qui sortira, et dont une partie sera guidée dans l'élévateur avec la seconde farine pour faciliter le blutage lorsqu'il fera chaud. La quantité de son, reprise, est réglée par une petite planche *r*, fixée à charnière sous les bouts des blutoirs. Pour tenir les mailles de l'étamine ouvertes, on peut

faire usage de fèves qui retourneront dans l'élévateur pour remonter et servir indéfiniment. Ce qui passe à travers la grosse étamine ou la toile métallique et ce qui reste du son, est guidé dans le blutoir *S*, pour être bluté une seconde fois.

*Manière de nétoyer le blé plusieurs fois consécutives.*

Supposons que, le grain soit déposé dans la trémie *F* du tarare, ouvrez le tiroir *a*, fermez celui *e*, amenez la trémie mobile *K* au-dessus du tuyau *k c d*, et laissez couler le grain dans l'élévateur pour en être relevé. Dirigez l'anche pivotante au-dessus de la trémie vide *G*, et le grain y sera déposé presque aussitôt qu'il sortira de la trémie *F*. Ouvrez alors le tiroir *e*, fermez celui *a*, amenez l'anche pivotante au-dessus de *F*, et ainsi de suite alternativement, autant de fois que vous le jugerez nécessaire. Quand le grain est suffisamment nétoyé, faites glisser la trémie *K* au-dessus de l'ouverture du plancher correspondant au tuyau qui conduit le blé aux meules.

Les criblures tombent dans un grenier ou trémie; pour les nétoyer ouvrez-en le tiroir *f* et laissez-les entrer dans l'élévateur qui les élevera dans la trémie *F* du tarare; suivez ensuite le même procédé que pour le blé, jusqu'à ce que les criblures soient suffisamment nétoyées.

Pour nétoyer les criblures des criblures, ouvrez le petit tiroir *h* afin de les laisser entrer dans l'élévateur, et opérez comme ci-dessus.

## § 95. CONSTRUCTION DE L'ÉLÉVATEUR DE BLÉ.

Déterminez premièrement combien de *bushels* il faut élever par heure, et l'endroit où la machine doit être placée pour qu'elle puisse remplir, s'il est possible, toutes les destinations suivantes, savoir:

1° De décharger le grain arrivant sur un vaisseau ou sur une charette.

2° De le retirer des différens greniers où il a été déposé.

3° Si le moulin a deux étages, d'élever le grain à mesure qu'il est nétoyé par le tarare, jusqu'à un grenier placé au-dessus des meules.

4° D'élever les criblures, pour les nétoyer plusieurs fois consécutives.

5° D'élever le blé sortant des meules à écorcer, si le moulin en est muni.

Un seul élévateur peut faire tout cela dans un moulin bien disposé, et la plus grande partie, en le plaçant convenablement dans les moulins déjà construits.

Si vous désirez élever à peu près 300 *bushels* de blé par heure, il faut que la courroie ait 4,5 *inches* de largeur et qu'elle soit faite d'un bon cuir blanc de harnais, d'égale épaisseur. Il faut couper le cuir et en joindre les bandes ensemble en ligne droite, et avoir soin de réunir les bouts les plus épais avec les plus minces, afin d'égaliser la force de la courroie.

### *Manière de construire les seaux en bois.*

La *fig.* 73 est une vue perspective des seaux de l'élévateur de grain; elle montre comment ils sont attachés par un morceau de cuir large, passant à travers et en-dessous de la courroie de l'élévateur, cloué sur leurs côtés avec des clous d'épingle.

Pour construire ces seaux en bois, prenez un rondin de saule ou de bouleau qui puisse être facilement fendu; débitez-le en morceaux de 15 *inches* de long, pour les refendre et en former des planchettes de 5,5 *inches* de large et $\frac{3}{8}$ d'*inch* d'épaisseur, afin que chacune d'elles suffise pour un seau. Prenez avec un compas la largeur de la courroie, et tracez les côtés et le milieu du seau de la même largeur vers l'ouverture, mais ne donnez au fond des côtés que les $\frac{2}{3}$ de cette largeur; arrondissez un peu les extrémités, afin que la courroie à seaux s'applique mieux sur la poulie quand elle passe par-dessus : cela don-

nera la forme représentée par la *fig.* 70, de laquelle vous découperez un patron pour tracer les autres planchettes. Cette forme de seau est très-bonne pour contenir à peu près 75 *inches* cubes, ou un peu plus d'un *quart*.

Pour faire ployer carrément le bois, suivant les lignes *ee'*, *cc'*, enlevez tout le long de ces lignes, une gorge triangulaire d'un tiers d'*inch* de profondeur; faites bouillir ensuite ces bois dans de l'eau, ployez-les pendant qu'ils sont encore chauds, et liez-les avec une bande de cuir passée autour, pour les maintenir dans cette position jusqu'à ce qu'ils soient refroidis; alors mettez-leur des fonds en cuir de harnais, pris dans les rognures minces. Ces fonds doivent s'étendre depuis l'extrémité inférieure jusqu'à la courroie à laquelle on les attache. Pour bien fixer les seaux, et avec promptitude, préparez un nombre suffisant de bandes de 1,75 *inches* de largeur, prises dans les meilleures rognures de cuir de harnais; mouillez-les et tendez-les ensuite jusqu'à ce que leur largeur soit réduite à 1,5 *inches*. Clouez une de ces bandes sur un des côtés du seau, avec 5 ou 6 forts clous d'épingle, qui perceront dans l'intérieur et y seront rabattus. Prenez ensuite un ciseau de 1,5 *inches* de large, pour percer sur la grande courroie, en le frappant, une fente transversale de chaque côté, à un quart d'*inch* du bord. Passez dans ces fentes le bout de la bande préparée, faites approcher le seau tout près de la courroie et clouez cette bande sur l'autre côté du seau. Voyez le seau à farine *B*, *fig.* 59, attaché de la manière décrite; il n'a de fond en cuir qu'à l'extrémité inférieure; la grande courroie forme le côté de derrière. Je n'ai pas encore trouvé de meilleure manière de construire les seaux de bois. Les rognures du cuir qui sert à faire la courroie de l'élévateur, suffisent ordinairement pour en compléter les seaux.

*Manière de construire les seaux en tôle.*

Découpez la feuille de tôle suivant la forme représentée par la *fig.* 69, tenez le milieu *C* et les côtés *A* et *B*, presque

de la même largeur que la courroie, et d'à peu près 5,5 *inches* de longueur; ployez-la à angles droits suivant chaque ligne ponctuée, et le seau sera formé. Le côté *C* sera posé sur la courroie; les petits trous *A*, *a* et *b*, *B* se rencontreront et seront garnis de rivets, pour tenir le tout ensemble. Les deux trous en *C*, servent pour attacher le seau à la courroie par des rivets. La partie *D* est celle qui ramasse le blé, et le bord étant doublé en arrière, a plus de force et de durée. Lorsque le seau est entièrement formé et que les trous des rivures sont percés, développez-le, comme vous le voyez dans la figure, afin de vous en servir de patron pour les autres, et pour tracer des trous qui se correspondent bien quand on ploiera le seau. Ces seaux sont attachés à la courroie par deux rivets à têtes minces, mises dans leur intérieur et rabattus sur une double bande de tôle placée derrière la courroie, ce qui les attache très-fermement. Voyez *A*, *fig.* 59. Ces seaux contiennent à peu près $\frac{2}{3}$ de *quart* ou 88 *inches* cubes. Telle est la meilleure manière de faire les seaux en tôle.

*D* est un seau à farine en tôle, attaché par deux rivets dont la tête est dans l'intérieur de la courroie; les côtés en sont tournés un peu en-dehors, et l'on y perce des trous pour y introduire les rivets. La *fig.* 72 donne la forme du développement d'un tel seau; les lignes pointillées montrent là où la tôle doit être ployée à angles droits. La courroie forme le côté de derrière de ces seaux.

*Des poulies, de leurs cages et des étuis.*

Donnez aux poulies un diamètre de 24 *inches* et une épaisseur égale à la largeur de la courroie; bombez-en le milieu d'un *inch*, afin que celle-ci puisse mieux s'y maintenir; imprimez-leur un mouvement de 25 révolutions par minute et attachez sur la courroie, tous les 15 *inches*, un seau en tôle. Il passera alors 125 seaux par minute, lesquels se chargeront dans ce temps, de 162 *quarts* de blé, et en élèveront ainsi 300 *bushels* par heure, ou 3600 *bushels* en douze heures.

Si vous désirez élever le blé plus promptement, donnez plus de largeur à la courroie, faites les seaux plus larges en proportion et augmentez la vitesse de la poulie, mais ne lui faites pas effectuer plus de 35 révolutions par minute et ne placez pas plus d'un seau sur chaque *foot* de longueur de courroie, autrement ceux-ci ne se videront pas bien. Une courroie de 5 *inches* de large, garnie de seaux de 6 *inches* de profondeur, et dont la largeur est, de proportion convenable, de 4,5 *inches*, par exemple, emportera par seau 1,8 *quarts* de grain; et à 35 révolutions de la poulie par minute, correspondra le passage de 175 seaux, lesquels élèveront 315 *quarts* ou bien 590 *bushels* de blé par heure. Si la courroie a 4 *inches* de large, des seaux de bois de 5 *inches* de profondeur sur une largeur proportionnée, contiendront 0,8 *quarts*; s'il y a donc un seau pour chaque 15 *inches*, et si la poulie fait 27 révolutions par minute, elle élèvera 200 *bushels* de blé par heure. Lorsqu'on peut disposer d'un beau grenier, on fait ordinairement l'élévateur de cette dimension; elle suffit pour décharger les charettes.

La *fig.* 75 représente le pivot de la poulie inférieure, et la *fig.* 76 le pivot ou arbre sur lequel la poulie supérieure est fixée. Arrêtez les deux poulies à leur place, mais pas très-fermement et de manière qu'en imaginant une ligne droite, d'une poulie à l'autre, elle en croise les arbres ou pivots à angles droits; pour que les courroies agissent bien, il faut que cette condition ait toujours lieu. Placez la courroie garnie de ses seaux; tendez-la bien avec des boucles et mettez-la en mouvement; si alors elle ne se tient pas bien sur les poulies, il faudra rectifier la position de celles-ci.

Observez de combien la courroie descendante se courbe par l'effet du poids des seaux, afin de construire l'enveloppe ou étui qui doit la renfermer, avec assez courbure pour que les bords des seaux ne frottent pas contre, pendant leur descente, ce qui les fera durer plus long-temps et travailler plus facilement. Les planches latérales de l'étui ne doivent pas être débitées courbes, parce qu'on peut les cintrer suffisamment en les sciant

jusqu'à la moitié ou aux deux tiers de leur largeur, à partir du bord antérieur et en tenant la scie très-obliquement, la pointe baissée et en dedans, de manière qu'en forçant ensuite les parties, elles se recouvrent l'une l'autre. L'étui de la courroie ascendante doit être presque droit, car s'il était trop courbé, les seaux seraient disposés à tourner sous la courroie. L'intérieur des étuis doit être plus large que la courroie et le seau de $\frac{1}{4}$ d'*inch*, et plus profond de 1,5 *inches*, afin que ces seaux puissent s'y mouvoir librement, sans pouvoir cependant se retourner au-dessous de la courroie. Si la courroie et les seaux ont 4 *inches*, employez des planches d'un *inch* d'épaisseur et donnez à celles des côtés 5,5 *inches* de largeur et aux planches du fond et du devant 6,5 *inches*. Ayez grand soin de ne pas laisser dans l'intérieur des étuis ni pointes de clous ni épaulemens qui puissent accrocher les seaux. Tenez les bouts des étuis, où les seaux entrent quand ils passent sur les poulies un peu plus grands que le reste.

Les deux poulies doivent être soigneusement embrassées par leurs cages, pour empêcher qu'un seul grain de blé ne se perde. Continuez l'étui de la même largeur au tour du haut de la poulie supérieure, et par-dessous la poulie inférieure; de cette manière si un des seaux se lâchait et se tenait de travers, il serait rèdressé par la cage, tandis que s'il existait quelques épaulemens ou bouts de planches il s'y accrocherait. Voyez *AB*, *fig.* 58. Le fond de la cage de la poulie supérieure doit être disposé en pente, afin que le grain qui peut tomber hors des seaux, lorsqu'ils passent au-dessus de la poulie, soit guidé dans l'étui des augets descendans. L'arbre qui porte cette poulie est rond aux endroits où il en traverse la cage, et il y est embrassé exactement par des demi-cercles enlevés dans de la planche. La planche du dessous, à l'endroit où elle correspond à l'arbre, est penchée vers l'intérieur, près de la poulie, pour guider le grain en dedans. Mais une disposition tout aussi bonne est de monter la poulie supérieure sur un gros arbre, terminé d'un côté par un tenon qui entre dans une douille, formée par le bout de l'arbre qui lui donne le mouve-

ment. Ceci convient le mieux quand l'arbre est court et qu'il doit être dérangé pour engrener ou dégrener l'élévateur.

Voici la manière dont je renferme ordinairement les poulies. La planche antérieure de l'étui de la courroie montante, et la planche postérieure de celui de la courroie descendante, dépassent la poulie inférieure, pour poser sur le plancher; et les pieds de ces planches sont retrécis de deux *inches* dans toute l'étendue de la cage de la poulie. C'est sur leurs rives que les planches latérales sont clouées ou plutôt vissées, avec des vis à bois. Les autres planches de l'étui joignent le bout de la cage de la poulie, tous deux étant de la même largeur. Les crapaudines dans lesquelles tournent les pivots de cette poulie sont vissées à l'extérieur des planches de l'étui; les pivots ne passent pas tout-à-fait à travers, mais atteignent le fond du trou, ce qui maintient la poulie à sa place.

Les planches antérieure et postérieure des étuis, ainsi que les planches de côté, s'étendent au-dessus de la poulie supérieure, et les planches de côté de la cage de la poulie sont vissées avec elles. Comme il reste un espace entre le haut des planches de côté des étuis de courroie et des épaulemens auxquels les augets pourraient s'accrocher, cet espace doit être rempli par une planche courte, qui guide sûrement les seaux audessus de la poulie supérieure. La cage doit être aussi très-voisine du devant des seaux, là où ils se vident, afin qu'il tombe le moins possible de blé dans l'étui. On doit pratiquer une grande ouverture dans la cage en *B*, pour laisser sortir le blé, lequel est reçu par un bec ou conduit court, qui le guide dans l'anche pivotante. Le bec mentionné doit être attaché avec un boulon, de manière à ce qu'on puisse l'ôter facilement, pour voir si les seaux se vident bien, etc. Quelques ouvriers soigneux ont une manière d'encager les poulies, meilleure, mais qui ne peut pas se décrire facilement; celle que j'ai indiquée est la moins dispendieuse et réussit très-bien.

On doit laisser entrer le blé par le pied pour y rencontrer les seaux et il faut disposer le plus près possible du devant de

ceux-ci, le tiroir d'alimentation, comme on le voit en *t*, *fig.* 58. Alors en ouvrant le tiroir suffisamment pour alimenter les seaux, si l'on arrête l'élévateur, le blé ne coule plus, et l'élévateur peut recommencer à tourner. Mais si le tiroir était placé beaucoup plus haut, dès que l'élévateur s'arrêterait, le blé remplirait l'espace compris depuis le tiroir jusqu'au-dessous de la poulie, et l'élévateur ne pourrait pas continuer à tourner. Dans le cas où l'on placerait le tiroir à une certaine hauteur, il faudrait l'adapter de manière à ne pouvoir pas s'ouvrir assez, pour que le blé arrive en plus grande quantité que les seaux ne pouvent le recevoir; autrement l'étui se remplirait et les seaux en seraient arrêtés. Si on laisse entrer le blé trop vite sur le derrière de la poulie, les augets le pousseront devant eux et le même inconvénient arrivera: parce que le blé que les seaux poussent devant eux étant le surplus de ce qu'ils doivent contenir, ils formeront assez de place pour que le blé entre en trop grande quantité; ainsi il faudrait alors ménager au fond, une porte d'évacuation pour laisser sortir le blé en excès.

Le mouvement doit être donné à la poulie supérieure de tous les élévateurs, si cela est possible; parce que le poids du blé contenu dans les augets, serre la courroie sur cette poulie, tandis qu'il la rend lâche sous la poulie inférieure; ainsi la poulie supérieure entraînera une plus grande charge sans glissement.

Tous les élévateurs devraient être dans une position un peu inclinée, pour mieux se décharger. Les planches des étuis doivent être toutes de longueurs inégales, afin que deux joints ne se rencontrent jamais et que ces étuis en aient plus de force. Quelques personnes commettent une grande faute en assemblant les étuis avec les planchces de chaque étage. L'étui de la partie ascendante de l'élévateur, doit être muni d'une petite porte, placée à l'endroit le plus commode pour donner la facilité de serrer les boucles de la courroie, etc.

### *De l'anche pivotante.*

Pour construire une anche pivotante, prenez un plateau de 18 ou 20 *inches* de large, placez-le horizontalement où de niveau, comme vous le voyez en *h*, *fig.* 58, pour faire verser le blé a son milieu par le bec de l'élévateur. L'anche est faite de 4 planches de 12 *inches* de large à l'extrémité supérieure et d'à peu près 4 ou 5 *inches* à l'extrémité inférieure. Coupez-en obliquement l'extrémité supérieure et ajustez-la contre le dessous du plateau; montez enfin cette anche sur un fort pivôt passant à travers le plateau, auprès du trou par lequel le blé est reçu, de manière à ce que l'anche puisse être tournée dans toutes les directions sans cesser de correspondre toujours à ce trou; de cette manière, elle recevra le blé et le guidera dans un grenier quelconque.

Afin que le pivot tienne ferme avec le plateau et avec l'anche, il faut clouer un morceau de bois de 4 *inches* d'épaisseur, par-dessus le plateau, et faire passer le pivot au travers; un autre morceau de bois cloué au fond reçoit la pointe du pivot. Mais si l'anche est longue et lourde il faut la monter sur un arbre qui descende à travers le plancher, et dont l'extrémité inférieure soit traversée par une cheville telle que *X*, à l'aide de laquelle on puisse la tourner. Dans les anches pivotantes pour la farine, il est quelquefois préférable de laisser descendre et la poser planche inférieure sur le plancher. Si les étuis des élévateurs et l'anche pivotante sont bien disposés, aucune partie du grain ou de la farine qui entre dans l'élévateur, ne peut se perdre avant de sortir de cette anche.

### *D'un élévateur pour élever le blé du fond de cale.*

Construisez à terre l'élévateur complet, tel qu'il est représenté en *OO'*, *fig.* 81, et dressez-le ensuite à sa place, les poulies étant toutes deux renfermées dans leur cage. Les coussinets dans lesquels tournent les goujons de la poulie supérieure, doivent être cloués aux planches de la cage et ces planches

elles-mêmes vissées aux étuis des courroies, par de longues vis taraudant dans les rives des planches dont ils sont formés. Les deux côtés de la cage de la poulie sont également assemblés avec des vis. En dehors des coussinets au tour du centre des goujons se trouvent des renforts circulaires, de 6 *inches* de diamètre et de 3 *inches* de saillie, fortement cloués à la cage, afin qu'ils ne puissent point s'en détacher, parce qu'ils doivent soutenir tout le poids de l'élévateur. Ces coussinets et ces renforts sont placés dans un cadre mobile, reçu dans les montans du chassis *BC rs*, *fig.* 82; les goujons de la poulie *P* passent à travers et tournent dans ces renforts, dont l'objet est de soutenir le poids de l'élévateur qui y est suspendu; de sorte que les goujons n'ont à supporter que le poids de la courroie et de sa charge, comme on le voit dans les autres élévateurs. La forme circulaire de ces renforts permet de détacher l'élévateur du mur, pour le faire descendre à fond de cale.

Le cadre, *fig.* 82, est construit de la manière suivante: la traverse supérieure *AB*, a 9 *inches* d'équarissage, elle est fortement assemblée à double tenon, avec les montans *AD* et *BC*, qui ont 8 *inches* de large sur 6 *inches* d'épaisseur. Le montant *rs* est assemblé avec un tenon de 3 *inches* d'épaisseur en queue d'aronde, à clef, et avec une cheville de fer, afin qu'on puisse l'ôter facilement. De chaque côté, en-dehors des montans *AD* et *BC*, on pose en arc de cercle une rangée de tasseaux, qui doivent glisser dans des rainures ou gorges circulaires ménagées dans les poteaux *P*. Ces arcs de cercle sont décrits avec un rayon égal à la distance comprise entre le centre des goujons du joint universel *G*, et l'axe de la poulie *O*. Les poteaux doivent être posés de manière que leurs rainures, ayent pour centre ce centre *G*; cette disposition maintiendra les roues toujours bien engrenées, quoique l'élévateur monte ou descende pour suivre les mouvemens du vaisseau ou de la marée. Le haut de ces rainures circulaires doit être situé de manière à ce que l'extrémité inférieure de l'élévateur puisse s'appliquer naturellement contre le mur; on peut obtenir cette position en

fixant convenablement le centre du goujon du joint universel *G*. La longueur de ces rainures est réglée par la différence de niveau que le vaisseau peut parcourir, et doit être telle qu'on puisse retirer facilement l'élévateur hors du vaisseau pendant les hautes eaux. La meilleure manière de construire les rainures circulaires est de découper pour chacune d'elles, la rive de deux morceaux de planche de 2 *inches*, suivant le cercle convenable, et de les clouer aux poteaux à distance telle, qu'elles laissent entre elles la rainure désirée.

Quand le cadre et l'élévateur sont terminés et assemblés, que le cadre est placé dans les rainures et qu'on a vérifié s'il peut monter et descendre ; l'élévateur est en état d'être manœuvré comme on l'a dit.

## § 96. De l'élévateur de farine.

Il ne reste après ce qui a été dit au § 90, sur la manière de construire l'élévateur de farine, qu'à en donner les dimensions; les poulies doivent avoir 3,5 *inches* d'épaisseur, 18 *inches* de diamètre, et faire 20 révolutions par minute. La courroie doit avoir 3,5 *inches* de largeur, le cuir doit en être souple et blanc, tel que celui des harnais; les seaux ou augets faits en bois ou en tôle, doivent contenir environ 0,5 *pint*, et être placés de *foot* en *foot* sur la courroie. Les étuis doivent être bien joints, surtout au tour de la poulie supérieure, dont le fond de la cage doit être disposé très en pente, afin que la farine qui tombe des seaux soit guidée dans l'étui de la courroie descendante, qui doit être lui-même incliné un peu, pour qu'il se décharge facilement. Le canal qui conduit la farine de l'élévateur au refroidisseur ne doit pas avoir plus de 45 degrés de pente, afin que la farine puisse descendre facilement sans former poussière; la pente doit être telle que, la farine en glissant s'étende sur le fond en couche mince, ce qui la rafraîchira mieux. Adaptez un couvercle sur la moitié supérieure du canal et laissez pendre une toile mince et légère, au bas de ce couvercle, pour

abattre la farine qui peut s'élever en poussière, lorsqu'elle tombe les seaux de l'élévateur. Souvenez-vous qu'il faut pratiquer un grand chaufrein à l'intérieur de la planche, là où elle répond au-dessous de l'arbre de la poulie supérieure, autrement la farine finirait par atteindre celui-ci ; si le tout est bien joint comme on l'a déjà recommandé, il n'y aura pas de perte ou évaporation.

On doit livrer la farine à une certaine hauteur au-dessus du centre de la poulie de l'élévateur, afin qu'elle tombe facilement du tuyau qui l'y verse, sans cela elle formera des amas qui l'engorgeront. La *fig.* 79 représente le goujon de la poulie inférieure, auquel aboutit le conducteur. La cage dans laquelle tourne la poulie, vue par-dessus *abcd*, *fig.* 60 est construite de la manière suivante: *ab* est un morceau de doublette de 14 *inches* sur 3, nommé support principal, placé derrière, assemblé à queue d'aronde et à clef, avec une des poutres du moulin. A la hauteur convenable sont assemblés les supports *ac*, *bd*, formés de planches de 15 *inches* sur 1,5 *inches*, placées à 7,5 *inches* de distance l'une de l'autre ; la poulie tourne dans l'intervalle et se repose sur elles. La pièce du bout *cd*, de 7 *inches* de largeur sur 2 d'épaisseur, est placée dans la direction de l'étui de la courroie, et s'élève 5 *inches* plus haut que la poulie ; les supports sont cloués avec cette pièce et le haut de ceux-ci ; au-dessus des goujons, sont placées deux autres planches de 13 sur 1,5 *inches*, assemblées à languette dans le support principal et vissées solidement à la pièce du bout *cd* ; elles sont à 4 *inches* au-dessus de la poulie. La planche du fond de cette cage se glisse entre les supports, et pose sur deux tasseaux, afin qu'on puisse l'ôter pour vider la cage, si par hazard elle était surchargée de farine ; la cage est ainsi complète.

Dans les supports des goujons et au-dessous de ceux-ci, se trouvent des ouvertures d'à peu près 12 *inches* sur 2, par lesquelles la farine passe du conducteur dans l'élévateur ; la planche du fond de l'auge du conducteur repose sur le support dans

ces ouvertures. L'étui de la courroie joint le haut de la cage de la poulie, mais il n'est pas fixé avec elle; la planche de derrière de l'étui de la courroie descendante, pose dans l'intérieur du haut de la pièce du bout *cd*. Le pied de l'étui de la courroie montante doit être supporté fixement à sa place, et sa planche de derrière doit être entaillée dans l'intérieur et présenter de longs et larges chanfreins n'ayant au bout que 0,25 *inches* d'épaisseur; cela a pour objet de rendre le fond de l'étui assez large pour que les seaux puissent y entrer, quoique l'un d'eux se présente de travers. La cage de la poulie est plus large que les étuis des courroies, afin que la farine du conducteur puisse tomber dans les seaux. Pour maintenir le passage bien libre, on place de chaque côté de la poulie un morceau de bois de 3 *inches* de largeur sur 1,75 *inches* d'épaisseur, à angles droits l'un avec l'autre, et s'étendant de 3,5 *inches* à chaque bout, au-delà de la poulie; ces planchettes sont entaillées de manière à ne pas toucher la courroie et versent la farine sous les seaux.

## § 97. Du conducteur de farine.

La droite de la *fig.* 60 représente un conducteur réuni à la poulie de l'élévateur. Voyez-en la description § 88. La *fig.* 79 est le goujon qui passe à travers la poulie inférieure et auquel le conducteur est assemblé par une sorte de douille à fourchette, que représente par bout la *fig.* 80. Le tenon du goujon est carré, afin que la douille puisse s'y adapter dans toute position. L'arbre doit avoir 5,5 *inches* de diamètre et être taillé à huit pans égaux, garnissez-le de la douille et de sa frette, et apprêtez-le pour recevoir les palettes. En commençant du côté de la poulie, marquez, aussi près du bout de l'arbre que possible, sur un de ses pans, la place de la première palette et tournez l'arbre dans le sens qu'il doit travailler; à la distance de 1,5 *inches* vers l'autre bout, placez une palette sur le pan suivant, et continuez à marquer une palette sur chaque pan en avancant de 1,5 *inches* vers l'autre bout, ce qui formera la ligne ponctuée en hélice. Les

palettes ainsi placées auraient l'inconvénient de pousser la farine trop de côté; pour éviter cela, elles doivent être posées en travers sur l'hélice, et faire des angles de 30 degrés à peu près, avec une ligne perpendiculaire à la longueur de l'arbre; elles pousseront alors la farine dans la direction de l'arbre en opérant comme des charrues.

Pour constuire ces palettes prenez de bon bois d'érable, ou toute autre espèce de bois dur et serré; sciez-le en rondins de 6 *inches* et refendez-le, de l'écorce vers le cœur, pour en faire des planchettes de 2,5 *inches* de largeur sur 0,75 *inches* d'épaisseur; rabotez-les d'un côté jusqu'à ce qu'elles soient bien unies, faites un patron pour en tracer le contour, et pratiquez-y un tenon de 2,5 *inches* de longueur et qui puisse s'ajuster avec une tarière de 0,75 *inches*. Quand l'arbre est percé de mortaises, que les palettes sont parfaitement sèches et leur inclinaison marquée par un trait, enfoncez-les et coupez-les à 2,5 *inches* de l'arbre; taillez-les de manière que le bord qui avance le premier soit tranchant, enlevez pour cela, par-derrière, tout le bois nécessaire et conservez la surface antérieure plane et unie afin qu'elle pousse mieux la farine en avant; il faut terminer l'extrémité des palettes en arc de cercle. Si le conducteur est court, garnissez-le de palettes releveuses présentant leur large face au mouvement, en nombre égal à la moitié du nombre des autres palettes et placées entre leurs spires; ces palettes releveuses rafraîchissent la farine en la relevant et la laissant tomber sur l'arbre.

Pour faire l'auge dans laquelle le conducteur doit tourner, prenez trois planches, celle du fond de 11 *inches*, celle de derrière de 15 *inches* et celle de devant de 13 *inches*. Fixez le coussinet dans lequel le goujon doit tourner à un bout, garnissez les angles de doublures pour rendre la concavité à peu près cylindrique, afin qu'il reste le moins possible de farine. Joignez proprement l'auge à la cage de la poulie de l'élévateur, en posant un bout du fond, sur le bas de l'ouverture par laquelle la farine doit entrer et l'autre bout sur un support; afin qu'on puisse l'ô-

ter et le remettre à sa place facilement, sans arrêter l'élévateur.

Un conducteur et un élévateur de farine, construits de cette manière, avec de bons matériaux, dureront 50 ans sans presque avoir besoin de réparations et préviendront la perte de plus de farine qu'il n'en faudrait pour payer leur construction et leurs réparations. On doit laisser le haut de l'auge ouvert, afin que le courant de la farine soit exposé à l'air. On peut construire une petite porte dans l'étui de la courroie ascendante de l'élévateur, d'à peu près 4 *feet* de longueur, pour pouvoir en resserrer les boucles au besoin, etc. La courroie de l'élévateur donne le mouvement au conducteur, afin qu'il puisse s'arrêter facilement lorsque par hazard quelque chose s'y accroche; il est dangereux de le faire tourner par des engrenages. Cette machine est souvent employée tout pour rafraîchir la farine sans l'aide du refroidisseur, que pour servir la trémie des blutoirs; en lui donnant une longueur considérable pour conduire la farine immédiatement dans la trémie, elle opère très-bien et quelques personnes la préfèrent. Cependant lorsqu'on a assez d'emplacement, le refroidisseur vaut mieux.

## § 98. Du conducteur de grain.

Cette machine a été construite de différentes manières, celle qui suit paraît être la meilleure. Préparez un arbre rond, de 9 *inches* de diamètre; pour faire les spirales prenez de la forte tôle, découpez un patron de 3 *inches* de largeur et ayant la forme d'une zône circulaire dont le diamètre intérieur ait 12 *inches*, ce qui lui donnera la facilité de s'étendre le long de l'arbre de manière à former une spirale rampant de 21 *inches* à chaque révolution, comme on le voit sur la gauche de la *fig.* 60. Découpez la tôle sur ce patron, en bandes circulaires, joignez-en les extrémités que vous mettrez l'une sur l'autre pour les river, de manière à ce que ce que le grain glisse facilement par dessus les joints. Quand ces morceaux de tôle seront ainsi réunis, ils formeront une suite continue de plusieurs cer-

cles superposés ; glissez-les sur l'arbre et étendez-les autant que possible, jusqu'à ce qu'ils le serrent fortement; assujétissez-les alors en place, avec des chevilles enfoncées dans l'arbre, derrière la spirale et auxquelles vous la clouerez.

La belle spirale ainsi formée aura 21 *inches* de pas, intervalle trop considérable : pour le diminuer il faut faire deux ou trois spirales pareilles, que l'on intercale les unes dans les autres. Toutes ces spirales doivent être posées à la fois sur l'arbre, car si on en plaçait d'abord une seule, il serait difficile ensuite de poser les autres. L'intervalle des hélices étant réduit alors à 7 *inches*, le blé sera conduit très-vite. Ces spirales peuvent être percées de trous comme une rape et l'auge garnie de tôle également percée de petits trous, cette disposition donnera un très-bon frottoir, qui nétoiera le blé de la poussière et du duvet dont il est souvent recouvert, et remplacera avec avantage toute autre machine à nétoyer.

Les spirales peuvent être formées de palettes en bois ou en fer, placées si près l'une de l'autre, suivant des lignes en hélice, qu'elles conduisent le blé de l'une à l'autre.

## § 99. Du refroidisseur.

Cette machine a été construite de différentes manières, la meilleure est représentée par les *fig.* 61, 62, 63 et 64. Voyez-en la description § 83.

Pour faire les bras ailés *CG, ED* employez un morceau de peuplier très-sec, ou de tout autre bois tendre, de 14 *feet* de longueur, 8 *inches* sur 2,5 au milieu, et ayant 5 *inches* sur 1,5 *inches* à chaque extrémité. Dressez la face inférieure et tracez-y la ligne du milieu *a b*, *fig.* 63. Remarquez de quel côté doit tourner la machine, et à partir de cette ligne, enlevez un chanfrein ou biseau le long de la rive qui marche la première, en laissant au bord antérieur des bras, 0,75 *inches* d'épaisseur, comme on le voit dans la partie ombrée de la *fig.* 62.

Cette figure représente le dessous des bras du refroidisseur, munis de toutes leurs ailes, les lignes ponctuées in-

diquent le sens du mouvement de ces ailes qui se suivent dans chaque bras. *R*,*R*, *fig.* 61 et 62, sont les balayeurs qui disposent régulièrement la farine, en rond, d'où les ailes l'attirent, vers le centre; comme on l'a déjà dit. *T*,*T*, sont les balayeurs alimenteurs qui la versent dans les trémies des blutoirs.

Pour placer les ailes observez la règle suivante :

*Règle.* Prenez une ouverture de compas de 4, 5 *inches*, placez une pointe de l'instrument au centre *c*, *fig.* 63, et faites un pas vers l'extrémité *b*; diminuez alors l'ouverture d'un seizième d'*inch* pour le second pas et ainsi de suite pour les suivans, ce qui rapprochera de plus en plus les ailes l'une de l'autre, à mesure que l'on s'éloignera davantage du centre des bras. Pour placer les ailes du second bras de manière à ce qu'elles sillonnent la farine justement entre celles du premier et pour en trouver l'obliquité, placez une pointe du compas dans le centre *c*, tracez les arcs de cercle ponctués, passant par les points marqués sur le premier bras; sans changer de centre ni les distances, tracez en même temps les petites marques ponctuées sur l'autre bras, pour faire passer dans l'intervalle les cercles directeurs des ailes. Pour varier régulièrement l'obliquité de celles-ci, à partir de l'extrémité jusqu'au centre, tracez les lignes ponctuées *e d f g*, passant à un demi-*inch* du centre *c*, et à 2, 5 *inches* de la ligne milieu en *d* et en *g*, prenez enfin une ouverture de compas d'un demi-*inch* pour marquer l'obliquité sur la ligne *e d f g*, à partir des cercles ponctués. Ces lignes approchant de la ligne milieu, l'obliquité est plus grande près du centre qu'à l'extrémité, et varie régulièrement.

Assemblez les ailes à queue d'aronde dans les bras, en observant de placer le côté qui doit pousser la farine, sur la ligne indiquant l'obliquité. Leur pied ne doit pas s'étendre au-delà de la ligne milieu; et les bouts doivent être arrondis et délardés par derrière pour que le bord en soit aigu; on laisse la face qui pousse la farine, tout-à-fait plane. Voyez-les complètement représentées *fig.* 62.

Les balayeurs doivent avoir 5 ou 6 *inches* de longueur et

être vissés derrière les ailes, à la face postérieure des bras, un à chaque extrémité et un sur les parties des bras qui passent au-dessus des trémies : leur emploi est décrit au § 88.

L'arbre vertical doit avoir 4 *inches* d'équarrissage, il est arrondi sur une longueur de 4,5 *feet* à sa partie inférieure, laquelle doit passer gaîment à travers un trou circulaire pratiqué au centre des bras. Pour que ceux-ci soient bien maintenus à leur place, on emploie un double arc-boutant en fer, *EFG fig.* 61, de 15 *inches* de hauteur, dont les jambes ont 0,5 sur 0,75 d'*inch*, et s'écartent de 2 *feet*. L'anneau supérieur *F* qui le termine, doit s'ajuster sur l'arbre, et être uni et bien rond dans l'intérieur afin de pouvoir facilement glisser de bas en haut. Les bras sont suspendus par cet anneau, à une corde qui passe dans une gorge profonde, dont est sillonnée une poulie *P*, de 8 *inches* de diamètre, placée vers le haut de l'arbre.

Les bras meneurs *ML* doivent avoir 6 *inches* sur 1,25 *inches* au milieu, 2 *inches* sur 1 *inch* aux extrémités, et 8 *feet* de longueur. Ces bras doivent être attachés à la roue de champ supérieure, pour prévenir la rupture de l'arbre par un effort extraordinaire.

Le contre-poids *W*, doit être tel que, lorsque les bras ailés sont élevés à la plus grande hauteur qu'ils peuvent atteindre, ils descendent doucement.

Au pied de l'arbre vertical se trouve le pivot, représenté *fig.* 65, lequel passe à travers la plaque de 4 *inches* en carré représentée *fig.* 64 ; les bras ailés se reposent sur cette plaque, avant que les ailes atteignent le plancher.

La frette dont l'extrémité inférieure de l'arbre est garnie, doit être noyée dans le bois, afin de pouvoir passer dans le trou des bras. On est obligé de démonter le goujon et la plaque, chaque fois que l'on veut séparer l'arbre des bras.

Si la machine ne doit servir qu'une trémie de blutoir, ne lui donnez pas plus de 12 ou 13 *feet* de longueur. Placez l'arbre vertical près de la trémie, et disposez les ailes pour leur faire pousser la farine vers l'extrémité.

Mais si la machine doit refroidir la mouture de deux paires de meules et servir deux trémies, donnez-lui 15 *feet* de longueur, et placez-la entre elles un peu sur le côté, de manière à ce que les extrémités ne soient pas toutes deux en même temps au-dessus des trémies, ce qui la ferait marcher irrégulièrement. Les ailes entre les trémies et le centre, doivent alors pousser la farine en dehors vers les balayeurs.

Si, devant servir deux trémies, on ne peut placer le refroidisseur, faute d'emplacement, posez alors l'arbre près de l'une d'elles, obliquez les ailes de manière à ce qu'elles ramènent toute la farine vers le centre, et mettez des balayeurs au-dessus de la trémie extérieure, qui sera alimentée la première, le surplus ira dans l'autre. Le refroidisseur se réglera de lui-même, de manière à servir les deux trémies, quand bien même l'une d'elles devrait être alimentée trois fois plus vite que l'autre.

Si la machine doit servir trois trémies, placez l'arbre près de celle du milieu, et disposez des balayeurs pour servir les deux extrêmes, le surplus de farine ira naturellement à la trémie du centre; la machine se réglera pour les alimenter toutes trois. Mais si l'on voulait pouvoir arrêter la trémie du milieu, tandis que les autres resteraient en activité, les ailes voisines du centre devraient être mobiles, afin de pouvoir être tournées et obliquées pour pousser la farine hors la circonférence.

Les refroidisseurs devraient être mus par une courroie dans quelque partie de la transmission des mouvemens; afin de pouvoir s'arrêter facilement si quelque chose s'y accrochait par hasard; néanmoins, plusieurs constructeurs de moulins, très-habiles, préfèrent les engrenages; ces machines ne devraient pas faire plus de 4 révolutions par minute.

On peut exécuter des refroidisseurs sous un grand nombre de formes, et par des moyens de construction différens, basés

sur les mêmes principes, pour donner les mêmes résultats, mais à un moindre degré de perfection.

## § . 100. DU RAMASSEUR.

Voyez la description de cette machine au § 88. Les poulies ne devraient pas avoir moins de 10 *inches* de diamètre pour la farine, et plus pour le blé. La huche dans laquelle elles tournent est profonde et étroite, soit 16 *inches* de profondeur, et 4 *inches* de largeur; les poulies et la courroie ont 3 *inches* de large. Les râteaux sont de petits blocs carrés, de bois de saule, de peuplier, ou de tout autre bois tendre et ne se fendant pas quand on y enfonce des clous; ils devraient tous être des mêmes dimensions, afin d'entraîner une égale quantité de farine; il faut les clouer à la courroie avec des clous longs, minces, à tête large, placée du côté de la courroie. On doit toujours faire entrer la farine au-dessous du centre de la poulie, ou sur le haut pour prévenir les engorgemens qui arrivent souvent si on la fait entrer trop bas. Le mouvement doit être lent pour la farine, et rapide pour le grain.

### *Instructions sur l'emploi du refroidisseur.*

1° Quand l'élévateur de farine est mis en mouvement, on doit aussi faire tourner le refroidisseur, pour étaler et rafraîchir la farine, et aussitôt que le cercle en est rempli on fait agir les blutoirs. Le moulage et le blutage s'opèrent ainsi régulièrement et en même temps, ce qui est la meilleure manière de travailler.

2° Mais si vous ne voulez pas bluter à mesure que vous moulez, relevez les alimenteurs des trémies, et laissez le refroidisseur étaler, rafraîchir et pousser en-dehors la farine; baissez les alimenteurs lorsque vous commencez à bluter.

3° Si vous voulez séparer la farine chaude de celle qui est

rafraîchie, poussez avec une pelle, vers le centre, à peu près 18 *inches* du bord du cercle de farine et obliquez les ailes de l'extrémité du bras pour leur faire pousser la farine en-dehors; la farine chaude sera ainsi étalée à l'extérieur du cercle et celle refroidie sera conduite dans la trémie du blutoir. Aussitôt que le rond est rempli de farine chaude, amenez-la avec un râteau hors de la portée du refroidisseur et laissez-le se remplir de nouveau, ainsi de suite.

4° Pour mêler la seconde farine, le son, etc., avec une quantité de farine étalée sous le refroidisseur, faites un creux dans cette farine, jusqu'au plancher, et versez-les dedans; le refroidisseur les mêlera régulièrement avec le tout.

5° Si la trémie n'est pas tenue suffisamment pleine, baissez un peu plus les alimenteurs, et mettez un peu de farine par-dessus les bras, pour les forcer de s'enfoncer plus profondément. Si les étaleurs se déchargent trop vite et n'entraînent pas la farine tout autour du cercle, baissez-les un peu plus; s'ils ne se déchargent pas et sont trop pleins, élevez-les un peu.

## § 101. DE L'UTILITÉ DE CES INVENTIONS ET PERFECTIONNEMENS.

1° Pour sécher la farine de la manière la plus prompte et la plus efficace, il est évident qu'il faut l'étaler en couches aussi minces que possible et en renouveler la surface depuis le moment où elle sort des meules, jusqu'à ce qu'elle est froide; pour lui donner la facilité d'évaporer l'humidité qu'elle renferme, cela vaut mieux que de la laisser se refroidir en tas et en retenant son humidité. On ne laisse pas ainsi aux insectes le temps d'y déposer leurs œufs qui, plus tard, engendrent les vers que l'on trouve fréquemment, même dans les barriques de farine emballée. L'humidité étant bien chassée, la farine n'est pas bien aussi sujette à aigrir. Ainsi *le grand avantage du nouveau procédé est de mieux disposer la farine pour le blutage, l'emballage et la garde, et en moins de temps qu'on ne le fait par le procédé ordinaire.*

2° *Le travail que font ces machines est plus parfait*, en ce qu'elles n'étaient *plus efficacement* le grain et les criblures; qu'elles séparent et blutent une grande quantité de fleur de farine, qu'elles moulent et blutent les gruaux en une seule opération, mélangeant mieux les parties qui doivent l'être et séparant celles qui doivent être divisées.

3° Si elles sont bien construites, *elles préviennent la perte de beaucoup de farine*, parce qu'il n'y a plus nécessité de piétiner dedans, ce qui en emporte partout où l'on va, ni de la relever avec une pelle, ce qui la fait s'élever en poussière, etc. Cet article d'économie défraiera bientôt de la dépense de la construction et de l'entretien de ces machines.

4° *Elles donnent plus d'emplacement qu'elles n'en prennent*, parce que le magasin à farine qui était auparavant trop petit pour y rafraîchir celle-ci, peut maintenant être employé à d'autres usages, excepté le cercle que parcourt le refroidisseur. Les greniers à blé peuvent être remplis d'un étage à l'autre jusqu'à l'anche pivotante, située au-dessus des poutres des fermes; de manière qu'une petite partie de la maison contiendra une quantité extraordinaire de blé, lequel peut être extrait du bas par l'élévateur, à mesure qu'on le désire.

5° *L'ouvrage du moulin est exécuté plus vite*, parce ces machines le terminent à mesure qu'elles travaillent; de sorte qu'on ne perd pas de temps ni de la force, soit en moulant les gruaux, soit en nétoyant et moulant les criblures; ce que l'on est obligé de faire tous les deux ou trois jours après les avoir mêlées avec le grain. L'ouvrage étant plus facile le meunier peut maintenir ses meules en bon état et les faire aller plus régulièrement, surtout pendant la nuit, temps auquel elles sont sujettes à s'arrêter faute de surveillance; tandis qu'à l'aide de ces machines, bien construites, un homme suffit pour soigner six paires de meules réunies dans le même local.

6° *Ces machines dureront long-temps et occasioneront peu de dépenses pour les réparations*, parce que leur mouvement est lent et facile.

7° Elles élèvent le grain et la farine avec peu de consommation de force, et dérangent beaucoup moins le mouvement du moulin que l'ancienne manière d'opérer; parce que la courroie descendante balance celle qui monte, de sorte qu'il n'y a pas plus de puissance employée qu'il n'en faut, pour élever le grain ou la farine. Dans l'ancienne méthode, au contraire, pour chaque 3 *bushels* de grain, qui remplissent une cuve contenant 4 *bushels* de farine, la cuve doit être élevée, et son poids est égal à celui d'un *bushel* de grain. Ainsi, la puissance employée est de 3 pour l'élévateur, et de 4 pour les cuves, ce qui est un quart de moins à l'avantage du premier. Outre cela le poids de 4 *bushels* de bled qui est chargé à la fois sur la roue en retarde le mouvement. Avant que la cuve soit élevée, la meule se ralentit un peu, et le moulin est dérangé à chaque fois que l'on remplit cette cuve : cela occasione une grande différence dans la quantité de grain moulu durant une année, et mérite attention, surtout quand l'eau est peu abondante.

8° *Elles épargnent une grande dépense de main d'œuvre.* La moitié moins de bras suffisent pour soigner le moulin, et l'ouvrage est plus facile. Il fallait autrefois un homme pour chaque 10 barils de farine que le moulin faisait par jour; à présent, un homme suffit pour chaque 20 barils.

Un moulin qui fabriquait 40 barils de farine par jour, demandait les soins de quatre hommes et un garçon; deux hommes suffisent maintenant.

## § 102. ÉTAT DES MATÉRIAUX NÉCESSAIRES POUR CONSTRUIRE LES MACHINES.

### 1° *Pour construire un élévateur de farine de* 43 feet *de haut avec une courroie de* 4 inches *de largeur.*

Trois côtés de bon cuir de harnais blanc et ferme;
220 *feet* de planches de sapin d'un *inch*, ou d'autres plan-

ches sèches, d'à peu près 12,5 *inches* de largeur, pour les étuis ; on doit les apprêter de la manière suivante :

86 *feet* de longueur, de 7 *inches* de largeur, pour le devant et le derrière des étuis.

86 *feet* de longueur, de 5 *inches* de largeur, les rives bien d'équerre, pour les planches des côtés.

Une quantité suffisante de planches d'un *inch* pour les greniers, et qui doivent servir à mesure qu'on en a besoin.

De la tôle ou un bon bout de bois de saule, pour faire les seaux.

2000 clous du poids de 14 et 16 *ounces* ensemble, les plus grands d'un demi-*inch* de longueur, pour les seaux.

3 *pounds* de clous de 8 *pences*, et 1 *pound* de clous de 10 *pences*, pour les étuis.

2 douzaines de fortes vis à bois, pour les cages des poulies ; des clous serviront de même.

16 *feet* de fortes planches de 2 *inches*, pour les poulies.

16 *feet* de *idem*, pour les roues dentées.

Petites pièces de bois de sapin sec, de 4,5 *inches* d'équarrissage, pour les communications de mouvement.

*État du fer forgé.*

1 double goujon de 0,75 *inches*, pareil à celui *fig.* 75, ayant 5 *inches* entre les portées ; 3,75 *inches* entre les trous ; les collets ou tourrillons de 3 *inches* de long.

1 petit goujon de grosseur ordinaire, ou de 0,75 *inches*.

1 goujon de 1 *inch*, pareil à celui *fig.* 76, collets 3 ¼, longueur 10 *inches*, placé dans la poulie supérieure.

2 petites frettes de 4,25 *inches* pour les extrémités de l'arbre.

1 boucle de harnais, de 4 *inches* de dehors en dehors, portant 2 ardillons et de la forme représentée par la *fig.* 74.

Ajoutez ce qu'il faut pour les engrenages qui doivent communiquer le mouvement à l'élévateur.

2° *Pour un élévateur de farine de* 43 feet *de hauteur, courroie de* 3,5 inches *de largeur, et un conducteur pour deux paires de meules.*

270 *feet* de planches de 1 *inch*, en bois de pin sec ou autre, la plupart ayant 11,5 ou 12 *inches* de largeur, et de la longueur convenable pour être apprêtées comme ci-après, pour faire les étuis.

86 *feet* de longueur, 6,5 *inches* de largeur, pour le devant et pour le derrière des étuis.

86 *feet* de longueur, 4,5 *inches* de largeur, parfaitement dressées sur les rives, pour les côtés des étuis.

La planche de derrière de l'auge du conducteur, doit avoir 15 *inches* de large, celle du fond, 11 *inches*, et celle de devant, 13 *inches* de largeur.

Quelques planches de 2 *inches*, pour les poulies et les hérissons.

Petites pièces de bois pour les conducteurs, de 5,5 à 6 *inches* d'équarrissage, en bois de sapin sec ou de peuplier jaune ; choisissez du bois léger.

Une pièce de sapin pour les arbres, de 4,5 à 5 *inches* d'équarrissage.

Deux côtés et demi de bon cuir de harnais souple,

1500 clous de 14 *pences*.

Un bon rouleau de saule pour les seaux, à moins qu'il n'y ait assez de morceaux de reste, trop petits pour faire des seaux à grain, et qui serviront pour les seaux à farine.

4 *pounds* de clous à 8 *pences*, et 1 *pound* à 10 *pences*.

2 douzaines de grandes vis à bois pour les cages des poulies ; on peut aussi se servir de clous.

*État du fer forgé.*

1 goujon double pareil à celui représenté par la *fig.* 79, d'un demi-*inch* de grosseur, 7,5 *inches* entre les portées et

3,25 *inches* entre les trous des clavettes; les portées de 1,5 *inches* de longueur; les tenons à chaque bout de la même longueur et parfaitement carrés, afin que le trou de la douille à fourchette puisse bien se placer dans toutes les directions.

2 douilles à fourchette, une pour chaque tenon, telles qu'on les voit à l'un des bouts de la *fig.* 79. La distance entre le bord de la courroie et les clous qu'on y plante est de 5 ¼ *inches*. La *fig.* 80 est une vue de la douille prise par bout, et dans laquelle est représentée la frette de l'extrémité de l'arbre, comme on le voit sur le bout du conducteur.

2 petits goujons de 0,75 *inches* de gros, pour les autres bouts des conducteurs.

4 frettes minces de 5,5 *inches* de diamètre pour les bouts des conducteurs.

1 goujon d'un *inch* de grosseur, de 10 *inches* de longueur, le collet de 3,25 *inches*, pour l'arbre de la poulie supérieure; mais si on met un goujon à travers la poulie, il faut lui donner la forme indiquée par la *fig.* 75 avec un tenon et une douille à fourchette, à l'un des bouts, comme la *fig.* 79 le montre.

1 boucle de harnais, de 3,5 *inches* de largeur extérieure, portant deux ardillons, comme la *fig.* 74 la représente.

Ajoutez à cela plusieurs frettes et petits goujons qui pourraient être nécessaires pour les transmissions de mouvement.

### 3° *Pour un refroidisseur.*

1 pièce de sapin dur et sec, de 4,5 *inches* d'équarrissage et de 10 *feet* de longueur, pour l'arbre vertical,

1 pièce de peuplier sec, de sapin ou de tout autre bois tendre, non sujet à éclater ni à se fendre pendant qu'on le travaille; de 8 sur 2,5 *inches* et de 15 à 16 *feet* de longueur, pour les bras ailés.

Quelques planches de 2 *inches*, pour les roues qui donnent le mouvement et des pièces de bois de 4,5 *inches* d'équarrissage pour les arbres.

60 ailes de 6 *inches* de longueur, 3 *inches* de largeur et 0,50 *inches* d'épaisseur à un bord et 0,25 *inches* à l'autre ; plus minces au bord antérieur qu'au bord postérieur, afin qu'on puisse les faire entrer comme un coin en queue d'aronde. On peut faire ces ailes en érable, dur et vert, fendu de l'écorce vers le cœur et que l'on sèche après.

La moitié d'une corde ordinaire, pour la corde de traction et pour celle de suspension.

*État du fer forgé.*

1 arc-boutant double, que représente *CFE fig.* 61; la hauteur du haut de l'anneau *F* jusqu'au dessous des pieds *CE*, est de 15 *inches*; l'écartement des extrémités de ces pieds, 24 *inches;* les dimensions des jambes sont de 0,5 *inches* sur 0,75 *inches*; le fer de l'anneau *F* a 1 *inch* sur 0,25 *inches* de grosseur; l'ouverture intérieure a 4 *inches* de diamètre, elle est adoucie et les arêtes en sont arrondies, pour les empêcher de couper l'arbre. Cet anneau doit porter deux petites agrafes, une dans chaque quart pour donner la facilité d'attacher la corde de suspension à celle qui convient le mieux.

2 vis à oreilles pour pouvoir être tournées avec le pouce et l'index, ayant 0,25 *inches* de grosseur, et 3 *inches* de longueur, pour les pieds de l'arc-boutant double.

2 vis pour les ailes des extrémités, de 3,5 *inches* de longueur, arrondies à 1,5 *inches* de la tête.

2 vis à oreilles pour les balayeurs, de 6,25 *inches* de longueur, arrondies à 1 *inch* sous la tête, et de 0,25 *inches* de grosseur.

2 vis à oreilles pour les balayeurs de la trémie, de 8,5 *inches* de longueur, et 0,25 *inches* de grosseur. De longs clous à tête de champignon serviront aussi bien.

1 pivot, *fig.* 65, de 2,5 *inches* de longueur, sous l'embâse, de 9 *inches* de longueur en-dessus et de 0,75 *inches* de gros.

1 plaque de 4 *inches* en carré et d'un quart d'*inch* d'épaisseur,

à travers de laquelle doit pouvoir passer le pivot. Voyez la *fig.* 64.

1 frette de 3,75 *inches* de diamètre, pour consolider le pivot; elle doit pouvoir passer à travers l'anneau de l'arc-boutant double.

1 goujon et une frette pour le haut de l'arbre vertical; le goujon a 0,75 *inches* de gros, et la frette 4 *inches* de diamètre extérieur.

Le forgeron comprendra facilement, d'après ce livre, comment il doit faire ces diverses pièces, et le lecteur, d'après ces notes de matériaux, peut estimer la dépense totale, qu'il trouvera très-modérée en la comparant à son utilité.

## § 103. MOULIN POUR NETOYER ET ÉCORCER LE RIZ.

Le riz amené au moulin établi sur bateau, que représente la *fig.* 85, doit être versé dans la trémie *A* de laquelle il est conduit par le conducteur *BC*, dans l'élévateur *CD*, qui l'élève au grenier *E*, situé au troisième étage. De là le riz descend dans le grenier *F*, suspendu au-dessus des meules *M*, qu'il alimente régulièrement.

Les meules doivent être préparées avec quelques sillons profonds, ayant peu d'excentricité, et piquées de grands trous, écartés d'un peu plus que la longueur du grain. L'archure est doublée intérieurement de forte tôle qui, si elle est percée de petits trous comme une rape, n'en vaudra que mieux. On tient le riz sous la meule aussi long-temps que cela est nécessaire, en le forçant de remonter à une certaine hauteur, dans l'archure, pour sortir par un trou que l'on élève ou que l'on baisse à l'aide d'un tiroir qui glisse dans le bas de l'archure.

Le principe d'après lequel les grains sont écorcés, réside dans leur frottement les uns contre les autres, avec beaucoup de force, entre les meules; ce qui fait qu'ils s'écorcent mutuellement et sont bien moins écrasés par les meules, qu'en suivant

la méthode ordinaire. Quand le grain a passé par les meules *M*, il doit tomber, soit dans un crible rotatif *G*, soit dans un crible d'Allemagne en toile métallique, dont les mailles laissent échapper vers la tête tout le sable et la poussière qu'on peut faire tomber à travers le plancher dans l'eau, si cela est commode; le riz et la paille la plus lourde vont dans le conducteur qui les amène dans l'élévateur *BD*. La paille légère, etc., qui ne passe pas à travers le crible, tombera par l'extrémité, et si elle est inutile on peut la faire également emporter par l'eau.

On place aussi un ventilateur sur le fer de la meule, au-dessus de la lanterne, pour vanner légèrement le riz et emporter la poussière et la paille qui doivent être chassées à l'extérieur, à travers la muraille; ce ventilateur peut remplacer avantageusement le crible d'Allemagne à secousses. Le grain et la paille lourde sont élevés dans le grenier *H*, de là ils descendent dans le grenier *I* pour passer dans les meules *M'* qui doivent être disposées et rhabillées de la même manière que les autres, et ne doivent frotter le grain qu'un peu plus fort. Les tranchans extérieurs de la paille, que la nature semble avoir destinée à cet usage, enlèveront toute l'enveloppe extérieure du grain et le rendront parfaitement propre. En sortant des meules, le riz traverse le courant d'air excité par le ventilateur *J*, fixé sur le fer de ces meules *M'*, qui en ôtera toute la poussière et les cosses, et le laissera tomber dans la chambre *K*. Le vent doit s'échapper à travers le mur, une planche régulatrice qui pivote sur une charnière, est inclinée de manière à diriger tout le grain dans le conducteur *LP*, qui l'amènera dans l'élévateur *PQ*, celui-ci l'élèvera jusqu'au grenier *R*, d'où il passera dans le crible rotatif *G*. Ce crible doit être fait de toile métallique dont les mailles soient de trois grosseurs pour laisser passer, 1° la poussière qui tombera dans la chambre *S*, 2° le petit riz qui tombe dans la chambre *T*; 3° le grain entier qui tombe dans le grenier *U*, et se trouve parfaitement nétoyé. On le tire de là pour l'emballer dans les barils *Y*. Le ventilateur souffle la poussière et la chasse dans la chambre *X*, le vent sort en *V*. Le

# QUATRIÈME PARTIE.

---

## ART DE LA MEUNERIE.

TEL QUE LE PRATIQUENT LES MEUNIERS AMÉRICAINS LES PLUS EXPÉRIMENTÉS.

### § 104. EXPLICATION DES PRINCIPES DE L'ART DE MOUDRE ET OBSERVATIONS SUR LA MANIÈRE DE RAYONNER LES MEULES.

L'objet que l'on se propose, en moulant le grain, est d'en réduire la substance au degré de finesse que l'expérience a démontré convenir le mieux pour faire de bon pain; et de la mettre dans un état tel que l'on puisse séparer facilement la *farine* du *son* ou *écorce* du grain, par le tamissage ou *blutage*. L'expérience a prouvé encore qu'en moulant le grain très-fin, avec des meules émoussées, on n'obtient pas le résultat que l'on désire; parce que cela détruit la propriété qu'a la pâte de fermenter et de lever par la cuisson; la farine devient alors si collante, qu'elle s'attache à l'étamine des blutoirs, et en engorge les mailles. Il résulte de là que le grain doit être moulu au degré de finesse convenable, avec le moins de pression possible; ce qui ne peut être fait sans instrumens tranchans. Supposons que nous opérions sur un grain de blé seulement, je pense qu'il

est raisonnable de le couper d'abord en plusieurs morceaux, afin de le mettre en état de passer entre deux surfaces planes, pour y être réduit à un degré régulier de finesse. Pour séparer la farine du son, ces surfaces doivent porter un grand nombre de petites tailles à bords tranchans, placées à une distance telle, qu'elles réduisent la farine au degré de finesse nécessaire, et pas plus, et de manière qu'aucune partie ne puisse s'échapper sans être moulue. Ces mêmes règles ou principes s'appliquent à une quantité quelconque de grains, aussi bien qu'à un seul.

Ainsi, il faut conclure de là que, pour disposer les meules à moudre parfaitement bien, leurs surfaces doivent être mises dans un état tel, qu'elles coupent d'abord le grain en plusieurs morceaux; il faut encore qu'en passant entre les meules, le grain ne puisse pas s'en échapper sans être moulu au degré de finesse convenable, et sans qu'en même temps la farine soit entièrement séparée du son ou écorce du blé.

Le meilleur moyen que j'aie trouvé jusqu'à présent, pour produire ces effets, est, après que les meules ont été travaillées avec les marteaux à rhabiller et à repiquer, de moudre quelques *quarts* de sable fin et anguleux; celà dispose si bien les surfaces de ces meules, l'une par rapport à l'autre, que la farine ne saurait passer sans être bien moulue. C'est aussi la meilleure manière d'aiguiser les bords des pores situés à la surface de la pierre. Au lieu de sable, on peut employer de l'eau; les meules s'aiguisent alors l'une l'autre, et sont mises, par ce *riblage*, en état de séparer la farine du son, sans qu'il soit nécessaire d'employer une pression trop considérable. Mais comme le grain moulu n'irait pas assez vite, du centre vers le bord ou *feuillure* de la meule, sans être aidé, il faut pratiquer à la surface des meules un nombre convenable de *rayons* ou sillons, qui en facilitent la sortie. Ces sillons doivent avoir une forme telle, que le grain ne les parcoure pas trop vite, et sans passer sur les parties planes des meules, de crainte qu'il ne sorte sans être bien moulu. Ils doivent être encore assez grands pour admettre, entre les meules, une quantité d'air suf-

fisante pour enlever la chaleur, que développe le frottement pendant le moulage ; mais si ces sillons avaient trop d'excentricité, il faudrait leur donner peu de profondeur, car autrement la mouture s'échapperait sans être réduite au degré de ténuité convenable.

Le bord postérieur des sillons, qui est en même temps le bord antérieur des parties planes de la meule, doit être tranchant, afin de bien concasser le grain. Les sillons doivent être en plus grand nombre vers le centre, parce qu'en cet endroit les meules doivent couper le grain, tandis que, vers la circonférence, leur objet est comme celui de deux plans, de réduire la farine au degré de finesse requis, et de bien séparer la farine du son, à l'aide des arêtes formées par les pores innombrables ou *éveillures* de la pierre meulière. Nous observerons cependant que, les meules ne doivent pas être trop *ardentes* ou tranchantes près de l'œillard, parce qu'elles couperaient le son trop fin. Les meules sont disposées à s'écarter près de l'œillard, à moins qu'elles ne soient d'un grain trop serré. Si elles y sont poreuses, et se tiennent écartées sans être fraîchement repiquées, elles seront toujours un peu émoussées, et aplatiront le son sans trop le couper. Si elles sont trop molles près de l'œillard, elles se tiendront trop écartées, et cette partie de la meule sera à peu près inutile. Ainsi, les meules doivent être très-dures et très-poreuses.

Il est également nécessaire de façonner les surfaces des meules, suivant une forme qui permette au grain ou à la farine de passer facilement entre elles. Pour bien comprendre ceci, il faut considérer que le courant de blé qui entre par l'œillard de la meule, sous l'épaisseur d'un doigt, s'étend ensuite dans tout l'intervalle des meules, et qu'il devient de plus en plus mince, à mesure qu'il approche de la feuillure ; où il serait moins épais qu'un cheveu, s'il ne glissait pas plus lentement à mesure qu'il s'amincit, et si le son n'*allégeait* pas les meules ou ne les tenait pas écartées.

C'est pour cette raison que l'on doit préparer les meules de manière à ce qu'elles présentent entre elles au centre, un intervalle d'un seizième ou d'un vingtième d'*inch*, et qu'elles se rapprochent graduellement jusqu'à 10 ou 12 *inches* de leur bord, selon la grandeur de leur diamètre. Depuis cet endroit jusqu'au bord, les surfaces des meules doivent s'appliquer exactement l'une sur l'autre; cette partie de la meule s'appelle la *feuillure*. Les sillons doivent être profonds, près du centre, afin d'admettre le blé après qu'il est concassé et l'air qui doit rafraîchir les meules.

## § 105. De la forme qu'il faut donner aux sillons des meules de moulin.

D'après ces principes, ces idées et les lois des forces centrales expliquées au § 13, j'ai arrêté mon opinion sur la meilleure forme à donner aux sillons, ou sur la manière de *rhabiller* les meules, objet pour lequel peu de meuniers s'accordent, chacun d'eux préférant sa méthode; ce qui prouve combien peu l'on comprend cette partie essentielle de l'art de la meunerie. J'ai construit la *fig.* 86 afin de discuter complétement ce sujet, et pour me faire mieux comprendre. *AA'A''O* représente deux compartimens de la meule, rhabillée par huitièmes; *BB'B''O* deux compartimens de rhabillage par douzièmes; et *CC'O* un secteur de rhabillage central. Maintenant nous observerons que, dans le rhabillage par huitièmes, les sillons courts ont à peu près 5 fois autant d'excentricité que les longs, et qu'ils se croisent comme une paire de ciseaux tellement ouverts, qu'ils poussent tout devant eux sans rien couper; si ces sillons sont assez profonds, ils laisseront glisser le grain moulu aussitôt qu'il y entrera, et feront ainsi beaucoup de grosse farine, telle que gruaux blancs, gruaux gris et bis. Le rhabillage par douzièmes paraît être meilleur; mais les sillons courts ont à peu près quatre fois autant d'excentricité que les longs. Je ne vois dans ces dispositions aucun avantage; car, il est clair

que si l'on parvenait à trouver l'excentricité que doit avoir un sillon, pour faire parcourir à la farine le rayon de la meule, dans le temps convenable, il serait naturel d'admettre la même excentricité pour chaque sillon.

Dans le rhabillage central $CC'$, les sillons ont tous la même excentricité ; et si nous pouvions en déterminer exactement la valeur; je ne doute pas que ce mode de rhabillage ne fût le meilleur. Je présume que nous la trouverions en certaine proportion avec les dimensions et la vitesse de la meule ; parce que, la force centrifuge résultant du mouvement circulaire des meules et qui tend à éloigner la farine du centre, est en proportion inverse du diamètre des meules, leurs vitesses étant les mêmes, selon la 4e loi du mouvement circulaire (1). Nous

(1) La quatrième loi du mouvement circulaire montre que, lorsque les meules ont des diamètres inégaux, si leurs révolutions s'opèrent dans le même temps, les sillons des plus grandes doivent être d'autant moins excentrés, que leur force centrale est plus intense. Elle montre encore que, l'excentricité du sillon d'une même meule, devrait varier en proportion inverse de la distance des divers points de ce sillon, au centre. En d'autres termes, plus la distance des points des sillons au centre de la meule est grande, moins les parties correspondantes de ces sillons doivent être excentrées.

Delà nous conclurons que, si des meules exécutent leurs révolutions en temps égaux, l'excentricité de leurs sillons doit être la même près du centre; c'est-à-dire que la portion d'une grande meule qui, autour du centre, est égale à une petite meule, doit avoir ses sillons tracés de la même manière. Mais l'excentricité des sillons, dans la portion dont la grande meule excède la petite, doit être moindre et en proportion inverse de la distance au centre; afin que les sillons s'y croisent sous de plus petits angles. Cela aura également lieu à une distance considérable du centre de la meule, si l'excentricité des sillons est constante; mais, près du centre, les angles deviennent alors plus grands que la proportion ne l'indique. Si les sillons étaient dirigés suivant les lignes droites, comme de $C$ en $C'$ *fig.* 86, les angles près du centre seraient trop grands, qui paraîtrait indiquer que, les sillons des meules de moulin ne devraient pas être droits, mais bien un peu courbés; toutefois il est très-difficile de déterminer exactement, par la théorie, la forme de cette courbe. Elle devrait être telle qu'elle fît varier l'angle du croisement des sillons, en raison inverse de la distance au centre, ce qui exigerait que les sillons fussent plus courbes, à mesure qu'ils approchent du centre.

voyons par la figure que, les sillons de la meule courante, représentés par les lignes ponctuées, croisent ceux de l'autre meule sous un angle beaucoup plus grand vers l'œillard que près de la feuillure, ce qui est convenable; parce que la force centrifuge est bien moindre vers le centre que près de la circonférence.

Mais nous devons considérer que le grain, soit entier, soit concassé, demande moins d'excentricité dans les sillons et moins de force centrale pour être chassé hors du centre de rotation, que lorsqu'il est moulu et réduit à un grand degré de finesse; ce qui démontre que nous devons nous écarter, dans la pratique, des théories établies et fondées sur les lois du mouvement circulaire et des forces centrales, conformément au § 13: parce qu'à mesure que le grain est réduit en farine plus tenue, il est de moins en moins sollicité par ces forces. Ainsi les angles sous lesquels les sillons se croisent doivent être plus grands près de la feuillure de la meule et moindres près du cœur, que la théorie ne l'indique; et la modification qu'il faut apporter à la théorie ne peut être établie que conjecturalement, et doit être justifiée par la pratique.

D'après mes recherches sur ce sujet difficile et mes observations, tant sur ma propre expérience que sur celle d'autrui, j'essaierai d'établir la règle suivante, pour rhabiller une meule de cinq *feet* de diamètre;

1° Décrivez sur la meule deux cercles $aa'$, $ee'$, *fig.* 88, concentriques avec elle, et ayant pour rayon l'un, 3 *inches*, et l'autre 6 *inches;*

2° Divisez la zône de 3 *inches*, comprise entre ces deux cercles $aa'$, $ee'$, en quatre autres zones, par trois nouveaux cercles $bb'$, $cc'$, $dd'$, équidistans; nommez les cinq cercles $aa'$, $bb'$, $cc'$, $dd'$, $ee'$, *directeurs;*

3° Divisez la surface restante de la meule en cinq zônes, en décrivant quatre autres cercles équidistans $BB'$, $CC'$, $DD'$, $EE'$, entre l'œillard et le bord de la meule;

4° Divisez la circonférence de la meule, en 18 parties égales, nommées *compartimens ;*

5° Prenez alors une règle bien droite ; placez une de ses rives sur un des points de division *A*, indiqués au bord de la meule et contre le cercle directeur *aa'*, situé à 6 *inches* du centre, et tracez une ligne *AB* pour indiquer la direction du sillon, depuis le bord *A* de la meule jusqu'au cercle *BB'*. Passez maintenant la règle, du cercle directeur *aa'* à celui *bb'*, et prolongez en *BC*, le tracé de la direction du sillon vers le centre, entre les deux cercles *BB'* et *CC'*. Passez de même la règle contre le cercle directeur *cc'*, et continuez le tracé *CD* du sillon jusqu'au cercle *DD'*. Placez-la ensuite contre le cercle *dd'*, et prolongez le sillon jusqu'en *E*. Alignez enfin la règle contre le cercle *ee'*, et *Ea* continuez le sillon jusqu'au cercle *aa'*, où il se termine ;

6° Servez-vous de la ligne courbe *ABCDEa*, ainsi obtenue, comme patron, pour tracer tous les sillons de la meule.

Les sillons, pratiqués suivant cette ligne courbe, se croiseront les uns les autres sous les angles montrés par la figure savoir ;

| | |
|---|---|
| Sur le cercle *aa'* bord de l'œillard de la meule | 75 degrés. |
| *EE'*........................ | 45 |
| *DD'*........................ | 35 |
| *CC'*........................ | 31 |
| *BB'*........................ | 27 |
| *AA'* bord de la meule.......... | 23 |

**Je pense que ces angles *e'ae''*, *aEd''*, *EDE''*, *DCD''*, *CBC''*, *BAB''*, seront bons dans la pratique ; ils moudront bien et feront peu de grosse farine, etc.**

En supposant que le plus grand cercle directeur ait un rayon de 6 *inches*, la théorie conduit aux angles, savoir :

| | |
|---|---|
| Sur le cercle *aa'*........................ | 138 degrés. |
| *EE'*........................ | 69 |
| *DD'*........................ | 46 |
| *CC'*........................ | 34,5 |
| *BB'*........................ | 27,5 |
| *AA'*........................ | 23 |

Si le cercle directeur avait un rayon de 5 *inches*, des sillons rectilignes, se croiseraient suivant les angles ci-après, savoir :

| | |
|---|---|
| Sur le cercle directeur................... | 180 degrés. |
| Sur le cercle *aa'* à peu près............. | 110 |
| *EE'*...................... | 60 |
| *DD'*...................... | 38 |
| *CC'*...................... | 29 |
| *BB'*...................... | 23 |
| *AA'*...................... | 18 |

Les angles voisins du centre seraient ici trop grands pour bien moudre, ils pousseraient le grain devant eux ; ainsi pour remédier à ce désavantage, suivez la règle énoncée qui conduit à la forme de sillon tracée dans la figure représentant une portion d'un rhabillage à dix-huit compartimens.

J'ai exprimé le sillon *hi* de la meule courante, afin de faire ressortir les angles sous lesquels il croise les diverses parties de ceux de la meule gisante.

J'ai supposé que les valeurs extrêmes de l'excentricité des sillons, savoir : 6 *inches* pour le bord de la meule, et 3 *inches* pour l'œillard, conviennent à des meules de 5 *feet* de diamètre, effectuant 100 révolutions par minute ; ce que je ne saurais affirmer. Mais on peut, par des expériences pratiques, déterminer exactement les limites extrêmes pour les meules de toute grandeur, agissant avec diverses vitesses. Je ne puis concevoir aucun mode de rhabillage qui soit, plus que celle-ci, susceptible d'être amené à la perfection; on voit soit par le raisonnement, soit par l'inspection de la figure, qu'il moudra avec plus d'uniformité que tous ceux qui sont représentés dans la fig. 86.

Le principe d'après lequel les moulins ordinaires opèrent, est analogue à celui qui fait couper les cisailles. Les parties planes de la surface des meules servent à guider le grain, etc., entre les tranchans des cisailles dont les sillons et les éveillures forment les lames. Si des cisailles se croisent trop carré-

ment, elles ne peuvent pas couper ; ainsi tous les coups de marteau à rhabiller, doivent être parallèles aux sillons.

Pour donner des tracés semblables aux sillons de meules de différentes grandeurs, il faut adopter des cercles directeurs de diamètre proportionnel aux diamètres de ces meules. Alors les sillons des meules supérieure et inférieure, de tous diamètres, se croiseront les uns les autres sous des angles égaux, par toutes les distances proportionnelles, depuis les centres jusqu'aux circonférences de ces meules. Mais si nous considérons que, les cercles moyens de toutes les meules ont à peu près des vitesses égales, et qu'ainsi leurs forces centrales sont inversement proportionnelles aux diamètres, nous devons en conclure que, les sillons des petites meules doivent avoir beaucoup moins d'excentricité que ceux des grandes, relativement à leurs diamètres (1).

Il est indispensable que le tracé du sillon soit déterminé, de manière à convenir à la vitesse de la meule; parce que la

(1) D'après la septième loi du mouvement circulaire, plus la distance à l'axe de rotation est grande, moins la force centrale est considérable. Cela montre que, les angles sous lesquels se croisent les sillons de meules de diamètres différens, dont les circonférences tournent avec des vitesses égales, devraient être en proportion inverse des diamètres de ces meules; parce que les forces centrales de celles-ci sont en raison inverse de ces diamètres; et que l'angle de croissement des sillons devrait augmenter à mesure que la force centrale diminue; et réciproquement.

Mais ici nous devons considérer que, pour donner aux sillons de meules de diamètres différens, des tracés semblables, l'excentricité de ces sillons doit être en proportion directe des diamètres. Ainsi 4 *feet* de diamètre sont à 4 *inches* d'excentricité, comme 5 *feet* de diamètre sont à 5 *inches* d'excentricité. Pour obtenir que les sillons de chaque paire de meules se croisent sous des angles égaux, à toutes les distances proportionnelles du centre, voyez la *fig.* 88, où les lignes *PP'*, *pp'*; *QQ'*, *qq'*; *RR'*, *rr'*, montrent les directions des sillons des meules de 4, 5 et 6 *feet*, et leur excentricité proportionnelle. Il est bien évident que, les sillons se croisent à angles égaux, parce que les lignes mentionnées sont parallèles, et qu'elles se coupent dans chaque meule près du milieu du rayon; ce qui montre qu'à toutes les distances proportionnelles, les sillons se croisent à angles égaux.

Mais l'excentricité doit encore augmenter avec le diamètre de la meule,

force centrifuge de la farine varie comme les carrés de la vitesse de cette meule, selon la 5e loi du mouvement circulaire (1). Mais l'imperfection du tracé peut être corrigée, jusqu'à un certain point, par la profondeur du sillon. Moins ce dernier est excentré, plus il doit être creux; et plus l'excentricité est grande, moins le sillon doit être profond, pour empêcher que le grain s'échappe sans être moulu. Si les sillons sont trop étroits, la quantité d'air qui passera entre les meules ne sera pas assez grande pour les refroidir. Dans le rhabillage central, les sillons se rapprochent tant, les uns des autres, qu'ils creusent le cœur de la meule à moins qu'ils ne soient faits très-étroits; aussi je préfère le rhabillage par compartimens pris en nombre suffisant pour qu'il y ait peu de différence entre l'excentricité des divers sillons. Supposons que

afin d'agrandir l'angle du croissement des sillons, en raison inverse du décroissement de la force centrale.

Pour cela, dites : si une meule de 4 *feet* a une force centrale égale à 1, quelle sera la force centrale d'une meule de 5 *feet?* Réponse, 8.

Alors dites encore : si la force centrale 1 demande une excentricité de 5 *inches*, quelle est l'excentricité qui convient à la force centrale 8, d'une meule de 5 *feet* de diamètre? Réponse : 6,25 *inches*, si les circonférences de chaque meule tournent avec la même vitesse. Cette règle conduira à peu près à l'exacte valeur de l'excentricité, pourvu qu'il n'y ait pas une trop grande différence entre les diamètres des meules comparées; mais il me paraît que, ni les angles sous lesquels les sillons se croisent, ni les excentricités, ou distances auxquelles leurs directions passent du centre de la meule, ne sont le véritable module du tracé.

(1) La cinquième loi du mouvement circulaire montre que, les excentricités des sillons de meules de même diamètre tournant avec des vitesses inégales, devraient être comme les racines carrées des nombres de leurs révolutions par minute. Ainsi, supposez que les révolutions d'une meule sont au nombre de 81 par minute, et que l'excentricité moyenne des sillons convenable, est de 5 *inches* : si le nombre de révolutions de l'autre meule est de 100 par minute, alors; pour trouver l'excentricité des sillons de cette meule, dites : la racine carrée de 100, qui est 10, est à l'excentricité 5 *inches*, comme 9, racine carrée de 81, est à 4, 5 *inches*; longueur qui représente l'excentricité cherchée; parce que cette excentricité décroît lorsque la force centrale augmente.

l'on admette 18 compartimens dans une meule de 5 *feet*, alors chacun d'eux occupe à peu près 10 *inches* de la circonférence de la meule, espace qu'il convient de diviser en 4 sillons et 4 intervalles, si la meule est d'un grain serré; mais si elle est ardente, ce sera assez de 2 ou 3 sillons par compartiment. Cette règle donnera 16 compartimens à des meules de 4, 5 *feet;* 21 compartimens à des meules de 5 *feet* 6 *inches;* et enfin 23 aux meules de 6 *feet*. Mais le nombre de compartimens est peu important, il est mieux cependant d'en avoir plutôt trop que pas assez. Si les compartimens sont en petit nombre, on peut remédier au désavantage des sillons courts, se croisant sous des angles trop grands et rejetant le grain, la farine sans être moulue assez fin; en faisant les intervalles plus larges près du bord, et déviant ainsi les sillons de plus en plus vers le centre, afin qu'ils aient moins d'excentricité, comme on le voit dans les compartimens *DD' D'' O*, *fig.* 86.

### § 106. Manière de préparer une paire de meules neuves, et de former les sillons.

Les meules sont ordinairement dégrossies par celui qui les fait, de manière à ce que, le meunier n'a presque pas à les travailler avec le marteau, avant de les assembler pour les aiguiser ou *ribler* avec de l'eau ou du sable sec; ce qui se fait beaucoup plus vite par cette dernière méthode. Après un riblage suffisant, on sépare les meules pour vérifier avec une règle rougie (1), si elles sont bien planes. Si la règle touche la surface des meules le long de cercles, les parties rougies doivent être enlevées au marteau; cela fait, replacez les meules l'une sur l'autre, pour opérer

(1) La règle à rougir doit être plus longue que le diamètre des meules; elle a 3' *inches* d'épaisseur au bord qui doit être parfaitement droit, et que l'on frotte d'argile rouge délayée dans de l'eau. Quand on la fait glisser, dans cet état, sur la surface des meules, elle laisse de la couleur rouge sur les parties saillantes, et indique ainsi quels endroits il faut repiquer pour la rendre plane.

un nouveau riblage avec une petite quantité d'eau ou de sable; séparez encore une fois les meules, pour les revérifier avec la règle frottée de rouge, et abattez les parties rougies des meules, comme auparavant. Répétez cette opération jusqu'à ce que la règle touche également toutes les parties de la meule, ou jusqu'à ce que les meules soient préparées dans toute leur surface, et que vous puissiez en voir facilement la qualité.

Il faut alors commencer à marquer les places des sillons à l'aide de lignes noires ou rouges, et de la manière adoptée dans le § 105. Mais on doit observer ici, que leurs bords font le travail, et que la quantité de blé moulue est proportionnelle au nombre des bords qui doivent le faire. Après avoir bien examiné la surface et la qualité de la pierre, on peut juger du nombre de sillons le plus convenable, en observant que, plus la meule a d'éveillures, moins il faut lui donner de sillons; mais lorsque la pierre est serrée et unie, le nombre de sillons doit être plus grand, et chacun d'eux ainsi que leurs intervalles plus étroits, de 1, 13 *inches* par exemple, afin de former plus de bords pour moudre. La partie postérieure des sillons doit avoir une profondeur égale à l'épaisseur d'un grain de blé, et être taillée obliquement de manière à n'avoir pour profondeur, au bord, que l'épaisseur d'un ongle (1). Ce bord doit être aussi tranchant

(1) Pour la forme du fond du sillon, voyez la *fig.* 89; la ligne courbe *e b* en indique le fond, *b* est l'arrière bord et *e* le bord du sillon qui marche le premier, ainsi que l'indique la flèche. Si le fond était fait carré derrière comme en *e*, le grain se placerait dans l'angle et la force centrifuge le ferait glisser le long des sillons, d'où il sortirait sans passer entre les parties planes des meules, et une partie s'échapperait sans être moulue. Le bord postérieur ou arrière-bord *b* doit être taillé en pente pour deux raisons, 1° afin que le blé puisse y être poussé; 2° afin que les sillons deviennent plus étroits à mesure que les surfaces des meules s'usent, et de pouvoir ainsi tailler l'arrière-bord de ces sillons sans trop les élargir.

La figure représente la coupe de deux meules travaillant ensemble; la meule courante se meut dans le sens de la flèche. Quand les sillons sont juste au-dessus l'un de l'autre, comme en *a*, ils peuvent renfermer un grain de blé

que possible, ce qui ne peut être exécuté qu'avec un marteau extrêmement dur et tranchant. Quand les sillons sont faits, passez la règle à rougir sur la meule, et si elle touche près du centre, toutes les marques doivent y être ôtées sur un rayon d'un *feet*, de manière que, lorsque les meules seront placées l'une sur l'autre, elles ne se touchent pas autour de l'œillard, mais qu'elles comprennent un intervalle égal à la vingtième partie d'un *inch*, et se rapprochent graduellement jusqu'à ce qu'elles se touchent et s'ajustent exactement dans toute l'étendue de la feuillure, ou d'à peu près 10 ou 12 *inches* du bord. Si les meules sont alors bien pesées et dressées, la surface et les sillons franchement taillés, elles seront dans le meilleur état possible pour moudre le grain ; parce qu'étant bien préparées et s'ajustant si exactement ensemble, le blé ne pourra pas s'échapper sans être écrasé; et que les bords des éveillures naturelles ou factices, étant aussi tranchans qu'ils peuvent l'être, le blé sera réduit en farine sous le moins de pression possible.

## §. 107. Manière de peser et dresser les meules de moulin.

Si la meule *courante* est garnie d'une *anille à suspension*, il est facile de la *peser* et *dresser;* car il suffit de disposer l'arbre ou *gros fer*, perpendiculairement à la surface de la meule *gisante;* ce qui se fait en fixant sur le *papillon* ou sommet du gros fer, un morceau de bois assez long pour atteindre le bord de cette meule et en avoisiner la surface. L'extrémité de ce bois doit être garnie d'un bout de baleine ou de plume, descendant jusqu'à la meule, afin qu'en faisant tourner la lanterne, on puisse reconnaître que la plume parcourt et touche également toute la feuillure de la meule. Cela étant, on pourra coucher

entier; quand ils se trouvent dans position *b*, le grain est aplati ; en *c*, il est coupé en deux par les arrières bords, et les parties planes des meules l'écrasent ensuite, comme en *d*.

la meule courante, la peser et la dresser (1), en callant convenablement les coins du *palier*.

Mais si la meule est munie d'une *anille à fleurs*, cette opération sera beaucoup plus difficile à exécuter; parce qu'on n'aura pas seulement à disposer le gros fer, perpendiculairement à la surface de la meule gisante; il faudra encore fixer la surface de la meule courante perpendiculairement à ce fer. Tout cela doit être fait avec la plus grande exacti-

(1) Mais ici nous devons vérifier si la meule est bien équilibrée pendant qu'elle est placée sur le papillon, et si cela n'est pas, il faut la *peser* ou mettre en équilibre avec soin, en coulant du plomb fondu sur le côté le plus léger. Ceci doit être l'objet de l'attention particulière du constructeur, parce que la meule peut être équilibrée tandis qu'elle est en repos. Cependant si toutes les parties opposées ne se balancent pas l'une l'autre, très-exactement, la meule cessera d'être en équilibre pendant son mouvement; et voilà la raison pour laquelle les boîtes de quelques meules ne peuvent être tenues serrées que quelques heures, tandis que d'autres le restent pendant plusieurs mois, lorsque les gros fers sont bons et que les meules sont bien équilibrées au repos. La cause pour laquelle une meule bien en équilibre lorsqu'elle n'est pas en mouvement, cesse de l'être quand elle se meut, vient de ce que, si d'un côté du centre la partie supérieure est la plus lourde, tandis que de l'autre côté c'est la partie inférieure, la meule peut être en équilibre lorsqu'elle est en repos, et cependant lorsqu'on la met en mouvement les parties les plus lourdes tendant à s'éloigner de l'axe par la force centrifuge, troublent l'équilibre. Si la meule *courante* n'est pas ronde, les parties les plus éloignées du centre auront une plus grande force centrifuge, parce que cette force est comme le carré de la distance à l'axe de rotation : alors le collet ou *fusée* du gros fer s'usera davantage du côté de la *queue*, et la boîte se détachera : ceci est en faveur d'une anille rigide.

La meilleure méthode de supporter les meules, venue à ma connaissance, consiste à faire usage d'anilles rigides à fleurs, à chacun des bouts desquelles correspond une vis de règlement, ce qui se fait ainsi : après que les engravures des bouts de l'anille sont terminées, noyez dans le fond de chacune d'elles un fort écrou, dans lequel une des vis doit tarauder, en passant au travers de la meule; scellez l'écrou avec du plomb; alors, après que la meule est couchée sur le papillon, introduisez les vis par le dessus de la meule, et tournez-les jusqu'à ce qu'elles pressent contre les bouts de l'anille. Cette disposition permet de régler avec facilité la position de la meule courante, en tournant plus ou moins les vis mentionnées.

tude, parce que l'anille étant rigide, elle ne cédera pas pour permettre à la meule courante de se placer comme la meule gisante pourrait l'exiger.

Ayant formé dans la meule courante les entailles ou *engravures* pour recevoir les bouts de l'anille, on y place celle-ci et on l'y maintient jusqu'à ce que la meule soit couchée sur le papillon. On reconnaît bientôt alors, la partie de la meule qui baisse le plus; et en la pressant avec la main, tout en faisant tourner la meule, on vérifie si cette partie la plus basse touche également le pourtour de la meule gisante. Si cela n'a pas lieu, on cherche à l'obtenir, en variant convenablement les positions des coins du *palier*, jusqu'à ce que les meules se touchent également; alors le gros fer sera perpendiculaire à la surface de la meule *gisante*.

Pour placer la surface de la meule *courante* perpendiculairement ou d'équerre sur ce fer, on fait tourner cette meule courante, et on la presse de haut en bas vers chaque bras de l'anille, à mesure que sa direction passe sur un même point choisi de la meule gisante, dans le but de vérifier si ce point est également approché par les diverses parties de la meule courante. Si cela n'arrive pas, on frappe avec une barre de fer sur le bras de l'anille qui relève la meule, laquelle, par suite de la secousse, se placera mieux dans son engravure, et la meule levera un peu moins à cet endroit. Si cela ne suffisait pas, il faudrait mettre du papier pardessus le bout du bras de l'anille qui laisse baisser la meule: et avoir soin de marquer les parties de la meule trop hautes, afin qu'étant enlevée, on puisse approfondir un peu l'engravure de l'anille, pour qu'elle prenne mieux sa place, et que la meule en soit mieux dressée. Toutefois j'ai toujours vu que le palier est un peu dérangé, ou en d'autres mots, le gros fer est toujours écarté de sa position perpendiculaire à la surface de la meule gisante, chaque fois que la meule courante est enlevée; ce qui est une grande objection contre l'emploi de l'anille à fleurs ou à bouts rigides. Car si le gros fer est sensiblement dérangé de sa position, les meules ne peuvent pas s'approcher

également ; tandis qu'un dérangement considérable de ce gros fer nuit très-peu au travail d'une meule courante posée sur une anille à suspension ; parce qu'alors cette meule a la facilité de se placer comme la meule gisante l'exige.

## § 108. Manière de régler la livraison de l'eau et l'alimentation des meules, pendant le moulage.

Lorsque la meule est bien pesée et dressée, et tout étant prêt, commencez à moudre en livrant à la roue autant d'eau que vous le jugerez nécessaire ; observez le mouvement de la meule par le bruit du *frayon*, et tâtez la farine. Si elle est trop grosse et le mouvement trop lent, donnez moins de grain au moulin ; il le moudra plus fin et le mouvement en sera plus vif. Si la farine continue à être trop grosse, *atterrez* ou baissez la meule ; et si le mouvement se ralentit alors, donnez un peu plus d'eau. Si la farine vous semble moulue trop en approchant, le mouvement étant convenable, *allégez* ou haussez un peu la meule et alimentez-la d'un peu plus de grain. Si le mouvement est trop vif et la quantité de grain livrée trop grande, et si la farine est moulue trop en approchant, retenez une partie de l'eau. Mais si le mouvement est trop lent et l'alimentation du grain trop faible, donnez plus d'eau.

Ici le meunier doit se rappeler que les meules ne peuvent admettre et bien moudre qu'une certaine quantité de grain, laquelle est relative à la grandeur, à la vitesse et à l'*ardeur* de ces meules. Si cette quantité est dépassée, il y aura perte, parce que le moulage en sera mal fait. On ne peut point établir de règle pour calculer rigoureusement la portion de grain nécessaire, il faut y arriver par la pratique (1) ; aussi bien qu'à l'art de juger de la finesse nécessaire à la farine.

(1) Si les meules sont trop alimentées de grain, il est impossible qu'elles séparent bien le son de la farine ; parce que les petites tailles que l'on fait à leur surface, dans le but de bien évider le son, se remplissent de farine qui les empêche d'agir.

Digitized by Google

Je vais cependant donner quelques instructions et poser des règles qui pourront être utiles aux commençans.

§ 109. RÈGLES POUR RECONNAITRE UN BON MOULAGE.

Recevez une poignée de farine *entière* pendant qu'elle tombe des meules, et tâtez-la légèrement entre les doigts et le pouce ; si elle vous semble unie et point huileuse ou collante, et si elle ne s'attache pas trop à la main, elle est assez fine et les meules sont bien repiquées. S'il n'y a pas de grumelets, on en conclut que les meules sont bien rhabillées, et que les sillons n'ont pas trop d'excentricité, puisque rien ne s'est échappé sans être bien moulu.

Mais si la farine étant très-unie et huileuse au toucher, reste collée aux doigts, cela indique qu'elle est moulue trop en *utterant*, c'est-à-dire qu'elle a été trop comprimée, ou encore que les meules sont émoussées.

Mais, si au toucher, la farine paraît huileuse, grosse et grumeleuse, cela prouve que les meules sont trop alimentées de grain, ou qu'elles ne sont pas bien rhabillées, ou que quelques-uns des sillons ont trop d'excentricité, ou trop de profondeur, ou peut-être que leur arrière-bord est trop épaulé ; puisqu'une partie de blé s'est échappée sans être moulue et que l'autre est trop pressée.

Ayant reçu plein votre main de farine, en en tenant la paume étendue, fermez-la ensuite subitement, et si la plus grande partie de la farine s'échappe d'entre les doigts, cela indique qu'elle est dans un bon état, que les meules sont bien rhabillées, que le son est mince, et qu'elle se blutera facilement ; mais plus il reste de farine dans la main, moins la qualité en est bonne.

Mettez une poignée de farine dans un tamis et séparez-en le son : maniez-le, et s'il vous paraît doux, élastique, léger, s'il n'est pas collant dans l'intérieur, s'il n'y a pas de brins

plus gros les uns que les autres, vous en conclurez que les meules sont bien rhabillées et que le moulage est bien fait (1).

Mais si le son est large, raide et blanc dans l'intérieur, on peut être assuré, ou que les meules ne sont pas assez ardentes, ou qu'on leur fournit trop de grain.

Si vous trouvez quelques particules beaucoup plus grosses et plus dures que les autres, telles que des moitiés ou des quarts de grain de blé, cela démontre qu'il y a des sillons qui ont ou trop d'excentricité, ou trop de profondeur ou d'escarpement au bord postérieur; ou encore, que vous travaillez en fournissant moins de grain que ne le comportent la profondeur du sillon et la vitesse de la meule.

### § 110. Manière de repiquer et de rhabiller les meules lorsqu'elles sont émoussées.

Quand les meules sont émoussées, on doit les séparer pour les repiquer; et la meilleure manière de le faire, est d'avoir des marteaux aussi durs et aussi tranchans que possible, pour préparer les bords postérieurs des sillons, dont on rend l'arête aussi vive qu'il se peut; ce qui ne saurait être exécuté avec des marteaux moux et point tranchans.

On repique aussi le fond des sillons pour les maintenir à la profondeur nécessaire, et l'on peut employer pour cette opération des marteaux émoussés (2). On passe ensuite avec soin sur

(1) Au lieu d'un tamis, prenez une pelle et présentez-en le bout près de l'endroit où la farine tombe; vous recevrez ainsi du son très-peu mêlé de farine, que vous pourrez entièrement séparer en le versant, pendant quelques instans, d'une main dans l'autre, et vous essuyant les mains chaque fois qu'elles sont vides.

(2) Pour empêcher que les étincelles d'acier ne frappent vos doigts, prenez un morceau de cuir d'à peu près 5 à 6 *inches* en carré, faites-y un trou dans le milieu pour l'enfiler sur le manche du marteau à repiquer, afin d'en couvrir vos mains; attachez une agrafe dans la partie inférieure de ce cuir, pour y passer un de vos doigts, et l'empêcher de toucher à la meule.

la surface une règle rougie, et s'il existe des parties trop saillantes, elles seront marquées de rouge que la règle y laissera. Ces parties seront abaissées en les sillonnant légèrement d'un grand nombre de tailles; on agira de même sur les parties dures de la pierre, afin qu'elles s'usent aussi vite que les parties molles; précaution qui maintiendra la surface des meules en bon état. Ces tailles forment aussi des arêtes qui aident à évider le son, et plus la pierre est dure et compacte, plus elles doivent être nombreuses; il faut les faire avec un marteau très-tranchant et les disposer parallèlement aux sillons. Plus le grain est humide, plus on doit éveiller les meules, et plus il est sec et dur, plus la surface doit être unie. Les parties dures et unies qui prennent du luisant, peuvent être disposées à s'user plus également en les frappant avec un marteau à surface unie ou raboteuse, de coups légers et réitérés, jusqu'à ce qu'une poussière commence à paraître; cela rend les parties siliceuses plus molles, et en même temps plus ardentes.

On ne peut mettre les meules en état de bien évider le son, qu'en leur faisant moudre un peu de sable, qui avivera les bords de toutes les petites aspérités formées par les pores de la meule; le même sable sert plusieurs fois. On peut *ribler* les meules sans les séparer ni même les arrêter. Pour cela empêchez le *frayon* de frapper *l'auget*, afin de suspendre l'alimentation et de laisser tourner les meules à vide; livrez-leur alors un demi-*pint* de sable, lequel étant moulu, détruira le poli de la surface et aiguisera les arrêtes des éveillures des meules, qui en moudront beaucoup mieux (1); cette opération doit être souvent répétée.

Bien des meuniers laissent travailler leurs meules pendant

(1) Mais l'on doit avoir soin d'empêcher que le sable ne se mêle avec la farine. Pour cela il faut le recevoir dans un vase et laisser tourner les meules à vide. La petite quantité qui restera entre les meules ne nuira pas à la farine; mais je ne dois pas encourager un meunier paresseux à négliger de séparer les meules, pour les nétoyer avec un balai ou une brosse.

des mois entiers, sans les repiquer; mais je suis bien convaincu que ceux qui les repiquent deux fois par semaine, sont amplement dédommagés de leur travail.

### § III. Du degré de finesse qui convient le mieux a la farine.

Les meuniers diffèrent d'opinion sur le degré de finesse qu'il faut donner à la farine; mais le plus grand nombre, et parmi eux il s'en trouve qui ont une grande expérience et beaucoup de jugement, s'accorde sur le point suivant, savoir : que si la farine est trop fine, la pâte qu'on en fait ne fermente pas et ne lève pas aussi si bien en cuisant. D'un autre côté, beaucoup de meuniers très-expérimentés disent que la farine ne peut pas être assez fine, si elle est moulue par des meules bien ardentes et bien propres, pourvu qu'on ne les laisse pas frotter l'une contre l'autre; quelques-uns d'entre eux réduisent même presque tout leur grain en farine surfine; par ce moyen, ils n'en obtiennent que de deux espèces, savoir : la farine surfine et celle nommée *recoupettes* (*hosse feed*), qui reste après que la première est séparée, et qui n'est pas même assez bonne pour faire le pain le plus commun des vaisseaux.

J'ai fait l'expérience suivante. Ayant ramassé une quantité suffisante de la poussière de farine, qui se dépose toujours dans un moulin, j'en fis faire un gros pain, dans lequel on mit la même quantité de levain que pour des pains faits avec la meilleure farine, et que l'on fit cuire ensemble dans le même four. Le pain de poussière de farine fut aussi léger, aussi bon et même meilleur que les autres; étant plus frais et plus agréable au goût; cependant la poussière de farine avait tant de finesse qu'elle semblait de l'huile au toucher.

Ainsi, je conclus de là que, ce n'est pas un grand degré de ténuité donné à la farine qui détruit en elle le principe de fermentation, mais bien l'excès de chaleur produit par

la trop grande pression qu'on lui fait subir pendant la fabrication. On peut réduire cette farine au plus grand degré de finesse, sans en altérer la qualité, pourvu qu'elle soit moulue avec des meules bien ardentes et très-propres, et à l'aide d'une pression modérée.

§ 112. De la graine d'ail; instructions sur la manière de traiter le blé dans lequel il s'en trouve, et de rhabiller les meules qui doivent le réduire en farine.

Dans plusieurs parties de l'Amérique il croît spontanément, avec le blé, une espèce d'oignon appelé ail (*garlic*), dont la tige est surmontée par une tête, semblable à celle de l'oignon commun, et portant un grand nombre de graines de la grosseur d'un grain de blé, mais un peu plus légères (1). La substance de ces graines, d'une nature gluante, s'attache aux meules pendant le travail, de manière à en encrasser les aspérités, et à les rendre impropres à effectuer assez parfaitement le moulage. Dans ce cas, on est obligé d'enlever la meule courante, de brosser les parties luisantes de la surface des meules avec de l'eau et des brosses dures, et d'éponger l'humidité avec des toiles ou des éponges; cette opération laborieuse doit être répétée de

(1) Il est si difficile de séparer entièrement l'ail du blé, que tous les essais de l'art ont été jusqu'à présent inutiles. Les graines plus grosses et celles plus petites que le blé peuvent en être séparées par des cribles; celles qui sont plus légères peuvent être chassées par les tarares. Mais les graines de même grosseur et de même poids que le blé, ne peuvent en être séparées sans le secours de l'eau dans laquelle le blé coule au fond et l'ail surnage. Mais ce moyen est trop long pour que le meunier le mette souvent en pratique, à moins que cela ne soit une fois l'an pour nétoyer les criblures, plutôt que de perdre le blé qui est mêlé avec l'ail, et qui ne peut être entièrement séparé que par ce moyen. Les fermiers devraient soigneusement empêcher cette plante nuisible au grain, de s'enraciner dans leurs terres; il est presque impossible de la détruire, parce qu'elle se propage aussi bien par les racines que par les graines, et qu'elle ne craint point l'intempérie des saisons.

deux à quatre fois fois dans 24 heures, s'il se trouve seulement dix graines d'ail dans une poignée de blé.

Pour mettre des meules en état de moudre du blé dans lequel il se trouve des graines d'ail, il faut les piquer grossièrement sur toute la surface, et les préparer plus largement autour de l'œillard pour qu'elles ne puissent pas casser les graines d'ail trop subitement, mais bien graduellement, afin de donner le temps à la substance glutineuse de l'ail de s'incoporer avec la farine, ce qui l'empêchera d'adhérer autant aux meules. Plus la surface de celles-ci est ardente, plus elles peuvent moudre sans arrêter, parce que l'ail est plus long-temps à en remplir les éveillures.

La meilleure méthode que j'aie imaginée, pour moudre le grain contenant des graines d'ail, est la suivante.

Nétoyez d'abord ce grain plusieurs fois consécutives, afin d'en séparer tout l'ail que les machines peuvent en extraire; ce qui se fera facilement si on peut disposer d'un élévateur de grain bien établi, comme il est indiqué dans le § 94. Alors concassez-le, ou moulez-le à moitié, pour écraser les graines d'ail qui sont moins dures que le blé ; l'humidité se répandra si également dans la masse du blé concassé, que les meules n'en seront pas autant affectées lorsqu'on le moudra pour la seconde fois. Par ce moyen, on pourra moudre une grande quantité de blé sans être obligé de séparer les meules. On peut concasser de 15 ou 20 *bushels* de blé par heure, sans beaucoup d'embarras et de perte de temps; si l'on a un élévateur de farine pour élever ce premier produit dans une huche d'où il puisse descendre dans la trémie des meules, pour être moulu une seconde fois : ce moulage sera alors effectué plus vite que si le blé n'avait pas été déjà concassé. On doit avoir grand soin de ne pas concasser le grain tellement fin, qu'il ne puisse pas être livré aux meules par suite du trémoussement de l'*auget*, ce qui donnerait beaucoup d'embarras. Il ne faut pas non plus que le blé soit concassé trop gros, dans la crainte que les graines d'ail ne soient pas suffisamment écrasées. Si

le grain concassé pouvait rester assez long-temps dans cet état pour permettre aux graines d'ail de sécher, on le moudrait ensuite bien mieux.

Mais malgré toutes ces précautions, s'il y a beaucoup de graines d'ail dans le blé, le son ne pourra pas être bien évidé; on fera d'ailleurs beaucoup de grosse farine, telle que *gruaux blancs*, *gris* et *bis*, qui demanderont à être moulus une seconde fois, afin de tirer du grain tout le profit possible. Je traiterai de cela dans le § suivant.

## § 113. De la manière de remoudre les gruaux blancs, et si cela est nécessaire les gruaux gris et bis, les recoupettes et le son gras, pour en tirer le meilleur parti possible.

Quoiqu'on moule le grain aussi parfaitement que possible et avec une vitesse raisonnable, cependant on obtient, par le blutage, une espèce de grosse farine appelée *gruaux blancs*, *gris et bis*, qualité comprise entre la farine surfine et les *recoupettes*, et qui contient une portion de la meilleure partie du grain. Le pain fait avec ces sortes de farines serait très-commun et se vendrait à très-bas prix; et, par cette raison, il est plus avantageux pour le meunier de remoudre et de bluter une seconde fois ces farines, pour en extraire la fleur et des gruaux fins; ce qui se fait facilement lorsqu'on sait s'y prendre.

On élève ordinairement les gruaux dans des baquets, pour les conserver dans un endroit commode, sur le plancher du grenier à farine, près du refroidisseur, jusqu'à ce qu'on en ait ramassé une grande quantité. Lorsqu'une bonne occasion se présente, on les blute, sans les mélanger avec des recoupettes ou du son, afin d'en extraire tout ce qui est déjà assez fin, et qui passe à travers l'étamine surfine.

Les vrais gruaux tombent sous la toile qui leur est affectée, et sont alors grenus et rudes, et en état d'être remoulus, ou

*rengrenés*, débarrassés qu'ils sont de la partie fine qui aurait nui à la facilité de l'alimentation des meules. Les petits brins de son, qui d'abord étaient mêlés avec les gruaux, étant plus légers qu'eux, dépasseront la toile de ceux-ci, et traverseront la toile des recoupes. De cette manière, on obtiendra des gruaux plus riches, qui, lorsqu'on les aura réduits au degré de finesse nécessaire, peuvent être mêlés avec de la farine *entière*, ou sortant des meules, pour être blutés ensemble.

On peut maintenant déposer les gruaux dans le grenier suspendu au-dessus de la trémie des meules, d'où ils descendront dans cette trémie, et l'alimenteront, comme elle l'est par le grain; pourvu que le grenier soit bien construit, et que l'ouverture inférieure d'écoulement ait 6 *inches* en carré.

On doit fixer une baguette contre le *frayon*, afin que l'extrémité inférieure de cette baguette, plongeant dans le fond et près du bord de l'œillard de la meule, empêche que les gruaux ne s'y accumulent; car si cela arrivait, les meules ne pourraient plus être alimentées. Le trou au fond de la trémie ne doit pas avoir moins de 4 *inches* en carré. Les choses étant ainsi préparées, et les meules étant propres, bien rhabillées, et bien disposées, livrez une petite quantité d'eau à la roue hydraulique; car l'opération actuelle ne demande pas plus de la dixième partie de la force nécessaire pour moudre le grain. Ayez grand soin de ne pas exercer trop de pression, parce qu'il n'y a plus maintenant de son, entre les meules, pour les empêcher de se joindre. Si vous exerciez autant de pression que pour la mouture des grains, la farine serait altérée, c'est-à-dire, qu'elle perdrait son principe de fermentation. Mais si les meules sont bien disposées, et ne pressent que légèrement, la farine sera bonne, et même, sans être blutée, elle donnera de meilleur pain qu'elle n'aurait fait avant d'être remoulue. A mesure qu'elle sort des meules, elle peut être élevée et blutée, et il faudra très-peu de son pour maintenir l'étamine ouverte. Tout ce qui, dans cette opération, passe à travers la toile surfine, peut être mêlé avec ce qu'elle a laissé passer pen-

dant le premier blutage des gruaux blancs ; pour être élevé et mêlé régulièrement par le refroidisseur, avec la farine entière sortant des meules, et réduit par le blutage en fleur de farine, comme on l'a indiqué § 89 (1).

Les *gruaux gris*, qui ont un degré de plus de grosseur que les *gruaux blancs*, s'ils sont trop maigres pour faire du pain d'embarcation ; mais pas assez pour être donnés aux bestiaux, doivent encore être remoulus de la même manière que les gruaux blancs. Mais, si comme cela arrive quelquefois, ils sont mêlés avec de la farine fine, de sorte qu'ils ne puissent pas être facilement livrés aux meules ; on doit d'abord les bluter, afin d'en séparer la farine fine et les petits brins de son qui, étant plus légers, passeront les derniers à travers la toile. Quand le blutage est terminé, ce qui a passé à travers les parties de la toile destinée aux *gruaux blancs* et aux *gruaux gris*, doit être mêlé et remoulu ensemble : par ce moyen, les parties riches seront réduites en farine, et quand celle-ci aura été blutée, elle passera à travers les toiles fines et fera du pain assez bon. Ce qui, dans cette opération, passe à travers la toile des *gruaux blancs*, ne fera qu'un pain de vaisseau inférieur, et ce qui passe à travers la toile des *gruaux gris*, sera analogue à ce qu'on appelle *recoupettes* (*horse-feed*).

Le *son* et les *recoupes* valent rarement la peine de les remoudre, à moins que les meules aient été très-émoussées, ou que le moulage n'ait été fait que légèrement, ou que le blé ne contînt des graines d'ail. Pour cela, il faut que les meules soient très-bien aiguisées ; qu'on leur donne plus d'eau, et qu'on leur fasse exercer plus de pression que pour moudre

(1) Toutes ces peines et ces pertes de temps peuvent être évitées à l'aide d'une petite machine simple ; pendant que les gruaux tombent par le premier blutoir, ils doivent être conduits dans l'œillard de la meule et moulus avec le blé, comme on l'a indiqué dans le § 89. Par ce moyen, on peut réduire le tout en farine superfine, sans perte de temps et sans courir le danger qu'elle soit trop fortement pressée, faute de son pour alléger les meules. J'ai introduit le premier ce moyen ; plusieurs personnes l'ont adopté depuis.

## § 114. QUALITÉS DES MEULES QUI CONVIENNENT A CELLES DES BLÉS.

On a reconnu par expérience que, pour être moulus avec la plus grande perfection, les blés de différente nature veulent être traités avec des meules présentant des qualités particulières.

Quoiqu'il existe une grande diversité de blés, cependant, pour ce qui a trait au moulage, nous ne distinguerons que les trois espèces suivantes :

1.° Les blés secs et durs ;

2.° Les blés humides et mous ;

3° Les blés mêlés avec de la graine d'ail.

Quand le grain est sec et dur, comme celui qui, croissant dans les terrains élevés et argileux, est battu dans des granges et conservé bien au sec (1), les meules avec lesquelles on se propose de le moudre doivent être dures, compactes, et présenter

Ayant fait les expériences rapportées dans la table, l'auteur imagina d'autres perfectionnemens dans la fabrication ; il prépara les meules pour les faire moudre très-uni ; par le moyen de mécaniques qu'il a inventées, il fit retourner les gruaux dans l'œillard de la meule pour les leur faire remoudre avec le blé, il fit encore élever la seconde farine jusqu'au refroidisseur pour être reblutée ; et en moulant ses derniers 2000 *barils* de farine surfine, les gruaux blancs et les gruaux gris qu'il laissa ne furent pas assez mauvais pour ne pas donner une espèce de pain, excepté quelques petites portions qui étaient restées entre les meules ; la farine fut examinée sans qu'on y trouvât des défauts. D'autres personnes ont depuis suivi ses principes, et les ont appliqués plus complétement.

(1) Ce blé, qui est produit par les terrains montagneux et argileux des pays éloignés de la mer et des eaux soumises aux marées, est en général d'une couleur brune ; il a une apparence de pierre à fusil, et l'intérieur est transparent lorsqu'on le coupe avec un couteau bien aiguisé. Le blé de l'espèce transparente est en général lourd, l'écorce en est mince, et il produit autant de farine et aussi blanche que le blé le plus blanc.

quelques grandes éveillures. Le grain étant sec est facilement concassé ; il est bon que les meules aient plus de ces surfaces ou parties planes, dont on a parlé dans le § 104, pour le réduire au degré de ténuité nécessaire, sans trop couper l'écorce.

Quand le grain est un peu humide et mou, tel que celui qui croît dans un terrain léger et sablonneux, ou qui a été battu sur la terre et déposé à fond de cale des vaisseaux, et porté de là au marché, ce qui tend à en augmenter l'humidité ; il faut que les meules soient très-poreuses et bien tranchantes, parce que le grain étant coriace et par conséquent difficile à concasser, demande qu'il y ait plus d'aspérités sur la meule pour le couper, et moins de surface plane pour le réduire au degré de finesse requis (1). Voyez § 104.

Quand le blé est mêlé d'une plus ou moins grande quantité de graines d'ail ou oignon sauvage, mentionné au § 112, les meules doivent être poreuses et tranchantes ; autrement, la substance gluante de l'ail adhère à leur surface et en émousse trop vite les aspérités ; de sorte qu'on ne peut pas moudre beaucoup de blé, sans qu'il faille séparer les meules pour les repiquer; au contraire, plus ces meules seront éveillées et ardentes, plus elles feront d'ouvrage et marcheront long-temps sans s'émousser.

Il existe des meules de moulin qui se distinguent des autres par leur qualité douce et molle, et diffèrent des meules dures et siliceuses, en ce que leurs parties planes ne sont pas aussi sujettes à devenir luisantes. L'on a reconnu par expérience

(1) Tel est le blé qui croît dans les terres plates, basses et sablonneuses d'Amérique, et aux environs de la mer et des eaux soumises aux marées ; où l'on a l'habitude de le faire dépiquer sur la terre, par des chevaux. Le blé, qui est quelquefois mouillé par la pluie, la rosée et l'humidité de la terre, est naturellement d'une couleur plus claire, il est aussi plus mou, et quand il est cassé, l'intérieur en est blanc ; ce qui démontre qu'il approche le plus de l'état de pulvérisation ; aussi est-il plus facilement réduit en farine, et ne supporte-t-il pas autant de pression que le blé qui croît sur des terres hautes et argileuses, ou que celui qui, étant cassé, parait solide et transparent.

que, les meules de cette qualité, pour chacun de leurs rhabillages, moulent trois ou quatre fois autant de blé mêlé de graines d'ail, que les meules dures (1). Voyez § 112.

## § 115 Des blutoirs. Instructions sur la manière de bluter et d'examiner la farine.

L'objet que l'on se propose en blutant la mouture, est de

(1) Il m'est très-difficile de communiquer au lecteur, mes idées sur les qualités particulières des meules, faute d'avoir des moyens pour mesurer leurs divers degrés de porosité, de compacité, de dureté ou de tendreté.

La connaissance de ces différentes qualités ne peut être acquise que par la pratique et l'expérience ; mais j'observerai que les pores dont le diamètre est plus grand que la longueur d'un grain de blé sont très-nuisibles ; car tout l'excédant est toujours, pour les meules, une perte de surface, parce que ce sont les bords des pores qui font le moulage ; ainsi les trop grands pores sont désavantageux. Plus le nombre des pores est considérable dans la meule, mieux cela vaut, pourvu qu'ils laissent une quantité suffisante de surfaces qui se touchent, pour réduire la farine au degré de finesse nécessaire.

Les fabricans de meules devraient connaître les vrais principes du moulage, et l'art de réduire le grain en farine, afin de pouvoir juger de la qualité des meules qui convient à la qualité du grain des différentes parties du pays, ainsi que la meilleure manière de distribuer les divers morceaux de pierre, dont la même meule est souvent formée, dans l'endroit convenable au travail que ses différentes parties doivent faire, depuis le centre jusqu'à la feuillure. Voy. § 104.

Les meules de moulin sont faites en général avec beaucoup de négligence, tandis qu'on devrait au contraire, apporter tous les soins possibles à leur fabrication, et les faire avec la plus grande précision. La meule *courante* doit être exactement en équilibre sur son centre, et toutes les parties correspondantes ou diamétralement opposées doivent être de poids égal ; sans cela, la fusée du gros fer ne se tiendra pas bien dans sa boîte. Voyez § 107. Si on doit placer la meule courante sur une anille à suspension, il faut la mettre en place lorsqu'on forme la meule, qui doit s'y balancer avec justesse.

Mais, par-dessus tout, il faut soigner le choix de la pierre meulière, et veiller à ce qu'aucun morceau d'une qualité qui ne convient pas aux autres n'y soit introduit. Les meuniers les plus expérimentés savent qu'il vaut mieux payer fort cher une paire de meules extrêmement bonnes, que d'en avoir d'inférieures pour rien.

séparer, l'une de l'autre, les différentes qualités de farine, ainsi que d'en extraire les recoupes et le son. Nous allons examiner quels sont les moyens les plus raisonnables d'arriver à ce résultat.

*Observations sur le blutage.*

1° Supposons que nous nous servions d'un tamis dont les mailles soient si larges, que tout le son passe à travers avec la farine ; il est evident que nous ne pourrons jamais obtenir de ce tamis l'effet que nous avons désiré ;

2° Supposons encore que nous prenions un tamis plus fin, à travers lequel toute la farine puisse passer, mais qui retienne le son ; ce tamis ne pourra pas séparer les différentes qualités de farine ;

3° Procurons-nous donc autant de tamis de finesse différente, que nous voulons obtenir de sortes de farine ; pour les distinguer, nous les appellerons tamis *superfins* (*superfine*) ; tamis des *gruaux blancs* (*middlings*) ; tamis des *gruaux gris et bis*, (*carnel*).

Les tamis superfins ont les mailles si serrées, que la farine surfine passe seule à travers, sans mélange de gruaux blancs ; le tamis des gruaux blancs ne laisse point passer les gruaux gris et bis ; et les tamis de ces derniers n'admettent point les recoupes ni le son.

Il est évident que, si l'on pouvait continuer assez long-temps, avec chacun des tamis, l'opération du blutage, en commençant avec le tamis superfin, on effectuerait la séparation complète des diverses parties de la farine *entière* ou sortant des meules. Mais si on ne poursuit pas l'opération assez long-temps avec chacun des tamis, la séparation sera incomplète ; car une partie de la farine surfine restera et passera avec les gruaux blancs, une partie des gruaux blancs passera avec les gruaux gris et bis, et une partie des gruaux bis avec

les recoupes et le son. Un tel ouvrage serait évidemment long et fatigant s'il était fait à la main.

Dans le but de faciliter ce travail, on a proposé bien des perfectionnemens, parmi lesquels les *tamis cylindriques*, ou *blutoirs rotatifs*, ont été employés des premiers. D'abord on les alimentait et on les tournait à la main, opérations qui furent ensuite faites par le moteur hydraulique. Mais l'on a commis beaucoup d'erreurs dans l'application de ces machines, soit en adoptant des toiles trop grosses, laissant passer de petits brins de son et des gruaux blancs avec la farine superfine, et une partie des recoupes avec les gruaux; soit en prenant des toiles trop courtes, quand elles étaient assez fines. Dans ce dernier cas, l'opération du blutage ne peut durer assez long-temps pour extraire toute la farine surfine, avant qu'elle atteigne la toile des gruaux blancs, ni les gruaux blancs avant qu'ils arrivent sur la toile des gruaux gris et bis.

Les derniers perfectionnemens que l'on a apportés au blutage consistent à peu près dans ce qui suit :

1° En employant des toiles plus fines. Mais on a trouvé qu'elles s'engorgeaient, quand on les tendait sur de petits cylindres de 22 *inches* de diamètre ;

2° En agrandissant le diamètre du cylindre, et le portant à 27,5 *inches;* ce qui fait parcourir à la farine une plus grande chute, et la fait frapper avec plus de force contre la toile qu'elle empêche ainsi de s'engorger ;

3° En augmentant la longueur des toiles, afin que l'opération pût se prolonger pendant une durée de temps suffisante ;

4° En tamisant deux fois une plus grande partie de la farine, qu'on ne le faisait auparavant.

A mesure que la farine entière est moulue, elle doit être élevée dans le grenier à farine, où elle est étendue en couche très-mince et remuée fréquemment, afin de la rafraîchir et de la sécher, pour la disposer au blutage ; après qu'elle est blutée, la seconde farine, c'est-à-dire, cette partie de la farine sur-

fine qui tombe en dernier, et qui renferme trop de petits brins de son pour pouvoir être mêlée avec la farine surfine, doit encore être élevée et mêlée avec de la farine entière, afin d'être blutée de nouveau. Pour élever, étendre et mêler la farine, et soigner les trémies des blutoirs, dans les moulins pour le commerce, on est obligé de faire un travail considérable et pénible, surtout si tout cela est exécuté à la main. Mais comme ces opérations ne seraient jamais parfaitement bien effectuées de cette manière, tout cela, ainsi que la majeure partie du travail que nécessite le service des moulins, est actuellement fait à l'aide de machines mues par l'eau. Voyez la 3e partie de cet ouvrage.

*Inspection de la farine.*

Le meunier doit s'attacher à bien connaître la qualité de farine qui se vend le mieux au marché.

Il présentera un bout de planche très-propre sous le blutoir, en le transportant de la tête vers la queue, afin de reconnaître pendant quelle partie du trajet il aura reçu de la farine surfine. Pour cela, après avoir bien égalisé la farine reçue, en appuyant par-dessus avec un corps à surface unie, pour faire paraître plus distinctement les taches ou *piqûres* de son, et la couleur; si la farine n'est pas assez belle, il en séparera un peu plus vers la queue du blutoir, pour la bluter encore.

Si la farine paraît plus foncée en couleur que l'on ne s'y attendait d'après la qualité du grain, cela indique que celui-ci a été moulu trop en *allégeant*, et que le tamisage a été trop prolongé; parce que plus la farine est fine, plus la couleur en est blanche.

Cet examen demandant la présence d'une belle lumière, le meunier doit observer à quel degré de ténuité il faut réduire la farine, afin de pouvoir juger avec plus de sûreté la nuit. Mais la qualité de la seconde farine, des gruaux blancs, etc., varie beaucoup dans les différens moulins, car dans ceux où

l'on a adopté les nouveaux perfectionnemens pour le second blutage de la seconde farine, et pour le second moulage des gruaux blancs, on transforme le grain presqu'en entier en farine surfine ; tandis que dans ceux où ces améliorations n'ont pas été introduites, la qualité de farine qui est séparée après la surfine, est de la farine ordinaire ou fine; ensuite viennent les gruaux blancs, les gruaux gris (*ship-stuff*), etc. Les personnes expérimentées peuvent facilement prévoir, d'après cela, la différence qui doit exister dans les profits.

Si la farine est douce au toucher, lourde et huileuse, et cependant de couleur blanche, les meules ne sont pas assez ardentes, et l'on emploie trop de pression. Si la farine paraît très-mobile, et cependant brune et trop *piquée*, ou remplie de petits points de son, on en conclut que les meules sont trop rudes et trop ardentes, et que la farine a été moulue trop en allégeant, et blutée trop fortement.

## § 116. Devoirs du meunier.

Je suppose que la construction du moulin est complétement terminée; qu'il est établi sur mes nouveaux plans; qu'il est destiné à moudre pour le commerce; et qu'il est enfin garni de grains, barrils à farine, clous, brosses, piques, pelles, balances, poids, etc. lorsque les meuniers entrent en fonction. Si deux d'entre eux sont capables de veiller, c'est-à-dire de diriger le moulin, on divise ordinairement leurs soins de la manière suivante.

Pendant le jour, ces hommes suivent tous deux le travail, mais un seul en a la direction principale. La nuit est divisée en deux veilles; la première finit à une heure du matin; alors le maître meunier commence la sienne et continue jusqu'au jour, afin de diriger le travail des ouvriers qui arrivent de bonne heure. La première chose qu'il doit faire lorsque sa veille commence, est de voir si les meules moulent d'une manière convenable, et si le blutage s'opère bien.

Il doit examiner ensuite tous les tourillons qui sont en mouvement, pour voir s'ils ont besoin d'être graissés, etc., et quels soins il doit leur porter durant sa veille. Sans cette précaution, les tourillons tournent souvent à sec et s'échauffent, ce qui cause de grandes pertes en temps et en réparations; car lorsqu'ils s'échauffent, les tourillons finissent par s'ébranler, les pierres sur lesquelles ils roulent se fendent, après quoi on ne peut plus les maintenir froids. Le meunier doit voir aussi quelle quantité de grains est destinée à l'alimentation des meules, et s'il n'y en a pas assez pour moudre jusqu'au matin, il doit mettre en mouvement les machines pour leur faire nettoyer ce qu'il en croit nécessaire.

Quand toutes ces choses sont examinées, son devoir est très-facile ; il n'a plus qu'à inspecter les machines, le moulage, et le blutage, une fois par heure. Il lui reste ainsi beaucoup de temps pour s'amuser à lire, etc., plutôt que de s'endormir; ce qui est dangereux.

Tous les planchers doivent être balayés de bonne heure, chaque matin ; on doit conserver la poussière qu'on y ramasse. Les barils doivent être cloués, pesés, marqués, et l'on doit faire les emballages, pour que ce travail soit fini dans la première partie du jour; de cette manière, s'il survient quelque chose imprévue, on aura du temps pour s'en occuper. D'ailleurs, c'est une très-mauvaise habitude que de laisser l'emballage pour la fin du jour, cela dérange tout le travail.

Lorsqu'on doit repiquer les meules, il faut tout préparer avant d'arrêter le moulin, surtout s'il n'y a qu'une paire de meules sur chaque roue d'eau, afin de perdre le moins de temps possible. Les marteaux doivent être bien tranchans, et l'on ne doit pas en avoir moins d'une douzaine. Tout étant prêt, enlevez la meule courante ; placez un ouvrier à chaque meule, et remettez-les en place aussitôt que possible, afin de leur faire reprendre l'ouvrage ; n'oubliez pas de graisser les engrenages, et le pivot du gros fer.

Pendant la dernière partie du jour, on doit nettoyer une

quantité suffisante de grain pour alimenter les meules pendant toute la nuit ; parce qu'on ne doit avoir rien à faire alors, que de soigner le moulage, le blutage, les tourillons, etc.

## § 117. Accidens particuliers qui peuvent causer l'incendie des moulins.

1° Comme il existe beaucoup de parties mobiles dans un moulin, si un morceau de bois vient à tomber et reste appuyé contre une des roues, ou sur un des arbres en mouvement, il prendra feu et causera peut-être l'incendie du moulin ;

2° Beaucoup de personnes emploient des chandeliers de bois, et les posent sur les barils, les bancs, le plancher, et les y oublient ; la chandelle brûle entièrement, enflamme le chandelier, le baril, etc., ce qu'on n'aperçoit peut-être que lorsque le moulin est embrasé ;

3° Des meuniers négligens collent quelquefois une chandelle contre un baril ou un poteau, et l'y oublient ; de sorte qu'elle brûle un trou dans le poteau, ou met le feu au baril ;

4° Quelquefois de grandes provisions de grains font fléchir les planchers, de manière à ce qu'ils pressent les colliers du haut des arbres verticaux contre ces arbres. Cela peut les enflammer ; à moins que ces colliers n'aient la facilité de suivre les dérangemens des planchers sans appuyer sur les arbres. Les constructeurs de moulins devraient prévoir ces défauts et les prévenir soigneusement quand ils bâtissent ;

5° Des fers chauds qu'on place négligemment peuvent causer un incendie ;

6° Le pied du gros fer de la meule courante et les tourillons s'échauffent fréquemment, et peuvent mettre le feu au palier ou aux arbres.

Il est probable que, quelques-unes de ces négligences ont souvent causé les incendies de moulin, dont on n'a pu découvrir les causes.

## § 118. Observations sur la manière de tirer le meilleur parti possible des emplacemens de moulin.

Je vais terminer mon ouvrage par quelques observations sur la manière de tirer le meilleur parti possible des emplacemens de moulin. La construction d'un moulin étant un objet de grandes dépenses, mérite que l'on fasse de mûres réflexions avant de l'entreprendre; car une faute augmenterait facilement la dépense de dix pour cent, tout en rendant un moulin imparfait; tandis qu'au contraire, de bonnes dispositions les diminueront d'un dixième et procureront un bon moulin.

Tout étrange que ceci doive paraître, il est pourtant vrai que ceux qui ont le moins d'expérience dans les moulins, font bâtir en général les plus parfaits. Les raisons en sont faciles à trouver. Le constructeur qui a de l'expérience tient à d'anciens systèmes, et se repose trop sur son jugement quand il établit ses plans; tandis que celui qui n'a jamais construit, convaincu de son ignorance, et n'ayant aucun préjugé, demande l'avis de tous ceux de ses amis auxquels il reconnaît de l'expérience, et peut ainsi réunir toutes les bonnes dispositions connues.

Un négociant qui connaît peu l'art de la meunerie, la construction et le mécanisme des moulins, prend naturellement la marche suivante.

Il montre séparément à plusieurs meuniers et constructeurs de moulins expérimentés, l'emplacement qu'il a choisi; chacun d'eux désigne l'endroit où il placerait le bâtiment, la digue, etc.; le négociant prend note de leurs raisonnemens.

Le premier indique peut-être un terrain uni pour y élever le bâtiment, un roc que la nature semble avoir préparé pour recevoir la digue, et une place commode pour y creuser le coursier, l'emplacement du moulin, etc.

Le second passe dans ces différens endroits sans y faire attention; il examine le cours d'eau jusqu'à la ligne de démar-

cation, et désigne un autre endroit, le seul, à ce qu'il pense, que la nature ait disposé pour y construire une digue durable; les fondations étant formées par un rocher, qui ne court aucun danger d'être attaqué par la chute de l'eau. Il choisit peut-être un endroit escarpé pour y placer le bâtiment du moulin; par la raison qu'il faut profiter de toute la chute, afin que tout soit bien dans la suite. On lui fait part alors de l'opinion des autres; il la combat par des raisons substantielles.

On réunit ensuite le constructeur de moulins, le charpentier et le maçon, pour qu'ils examinent la localité et qu'ils choisissent la place du bâtiment, de la digue, etc. Après qu'on a entendu leurs raisonnemens et leurs opinions, on les instruit des idées des autres, que l'on discute, et les dispositions sont enfin arrêtées. On leur demande alors un plan complet pour la maison, en leur recommandant de faire pour le mieux; de changer et de perfectionner sur le papier, jusqu'à ce que tout paraisse bien, et soit projeté de la manière la plus simple et la plus convenable. Ils emploient une semaine à dresser des états complets des diverses pièces de bois, de la quantité de planches, de pierres, de chaux, etc., nécessaires; ainsi que des diverses pièces en fer, et des engrenages employés dans toute la construction, et desquels on a déterminé les diamètres et le nombre de dents, etc., etc. Chaque personne fournit alors son devis, et les dépenses peuvent être assez exactement calculées.

On doit passer avec les divers entrepreneurs un acte, d'après lequel tout sera livré à une époque indiquée. De cette manière l'ouvrage avance régulièrement sans retards; et lorsqu'il est fini, l'établissement a reçu tous les perfectionnemens, et l'on a épargné une somme d'argent considérable.

Digitized by Google

# GUIDE

DU

# CONSTRUCTEUR DE MOULINS,

CONTENANT

DES INSTRUCTIONS PRATIQUES SUR LA MANIÈRE DE CONSTRUIRE LES MOULINS, ET INDIQUANT LES PROPORTIONS QU'IL FAUT DONNER A TOUTES LEURS PARTIES, POUR DES CHUTES COMPRISES ENTRE UN ET ONZE MÈTRES;

PAR THOMAS ELLICOTT,

Constructeur de Moulins.

Digitized by Google

Digitized by Google

# PRÉFACE.

Les nouvelles dispositions adoptées dans la composition des moulins, font disparaître tous les inconvéniens inhérens à l'ancien mode de construction (1); elles sont représentées par les planches, qui montrent en détail le mécanisme actuellement usité, et tel qu'il est appliqué dans tout le cours de la fabrication de la farine. Le grain, au sortir du vaisseau ou de la charrette, est manutentionné par le moteur hydraulique, jusqu'à ce qu'il soit entièrement réduit en farine superfine. Le moulin représenté par la *fig.* 111 a été construit d'après mes dessins, sur la rivière Occoquam, dans la Virginie, où il est maintenant en activité; il est muni de trois roues hydrauliques et de six paires de meules.

Si le blé est amené par eau, dans le vaisseau *Z*, on le mesure et on le verse dans la trémie *A*, et de là il est conduit dans l'*élévateur OO'*, qui l'élève et le laisse tomber dans le conducteur *DD'*, lequel le conduit par dessous le plancher du second étage, et le laisse tomber dans le grenier en trémie *H*, hors duquel il est conduit dans l'élévateur principal *EE'*, qui l'élève sous le comble pour le livrer au crible rotatif *C*, qui, dans ce plan, est au-dessous des entraits. De là le grain tombe

(1) On voit, d'après le titre de cette partie de l'ouvrage, qu'elle a été écrite par M. Thomas *Ellicott*. On a jugé à propos d'omettre le commencement de sa préface publiée dans les éditions précédentes. La portion supprimée consiste en des remarques, sur la défectuosité des opérations exécutées par les moulins anciennement construits.

dans la trémie $g$, et puis dans l'élévateur $e\,e'$, qui le conduit dans le *tarare* $V$. Il descend ensuite vers le milieu $j$ du long conducteur $KK'$, qui s'étend vers les deux extrémités du moulin, celui-ci le conduit après qu'il est vanné, dans l'un des greniers $G', G'', G''', G_{,}, G_{,,}, G_{,,,}$ situés dans l'aplomb des trémies $t', t''$, $t''', t_{,}, t_{,,}, t_{,,,}$, des meules ; cela se fait en glissant une planche sous le tarare pour guider le grain d'un côté ou de l'autre de la roue dentée $j$. Quoique chacun de ces greniers doive contenir 704,74 hectolitres (2,000 *bushels*) de blé, au-dessus de chaque paire de meules, ce qui fait 228,44 hectolitres (12000 *bushels*) dans les six greniers; cependant tout ce grain est moulu sans être touché avec les mains, et l'alimentation des meules s'opère beaucoup plus régulièrement qu'il n'est possible de l'exécuter, suivant l'ancienne manière de procéder.

Pendant que le blé est moulu par les meules, $M', M'', M'''$, $M_{,}, M_{,,}, M_{,,,}$ la farine *entière* tombe dans le *conducteur* de farine $FF'$, en $h', h'', h''', h_{,}, h_{,,}, h_{,,,}$ et est conduite dans l'élévateur commun de farine $NN'$, lequel l'élève en $N'$; de là elle va ou dans le *refroidisseur* $R$, qui la rafraîchit en l'étalant sur un cercle de 3 à 4m,5 (10 à 15 *ft.*) de diamètre, et qui, si on le juge à propos, la met en tas de 0m,6 à 0m,9 (2 à 3 *ft.*) de hauteur; de sorte que trente barils de farine ou plus, peuvent être blutés sans interruption quand on veut. Pendant le blutage de la rine, le refroidisseur la rassemble dans les trémies $q$, des blutoirs $B$, et les alimente avec plus de régularité qu'on ne le peut faire avec la main. Le *conducteur* $L$, situé au fond de la huche de la farine surfine, l'emmène vers des trous $s, s, s$, pratiqués dans le plancher, par où elle tombe dans la caisse à emballer $c$, ce qui la mêle complétement. Au sortir de cette caisse on la met dans des barils, on la pèse sur les balances $U$, on la comprime en $W$ par la force de l'eau, on la marque en $X$, et on la roule jusqu'à la porte $Y$, pour la descendre avec la corde d'un vindas, dans le vaisseau $Z$, qui a apporté le grain.

Si le blé arrive au moulin par terre, dans la charrette $d$, on vide les sacs dans le conduit $a$, pratiqué à travers le mur du

bâtiment, et il coule dans les balances *b*, assez grandes pour contenir la charge entière de la charrette. Le blé étant pesé, on ouvre le tiroir *f*, du fond de la balance, pour laisser aller le blé dans le grenier *H*, duquel il passe dans l'élévateur *EE'*, et peut ainsi suivre le même trajet que le blé débarqué du vaisseau.

Toute la farine blutée par la partie inférieure du blutoir, qui ne sera pas trouvée d'assez belle qualité, sera dirigée dans l'élévateur court *I*, en fermant le tiroir du fond du conducteur voisin de l'élévateur, et en ouvrant celui plus rapproché de l'autre extrémité. Les *reprises* qui tombent du pied desdits blutoirs sont aussi élevées dans la trémie du blutoir *B'*, lequel est couvert de toile fine, pour ôter toute la portion de farine fine qui s'attache au son, lorsque le temps est humide et chaud; tout ce qui passe à travers est conduit par le conducteur *L'* dans l'élévateur *I'*, qui l'élève assez haut pour le faire couler facilement vers le refroidisseur en *o*, pour être encore bluté avec la farine entière. Les reprises qui tombent du bout inférieur du blutoir *B'* se rendent dans la trémie du blutoir *B''* des gruaux, de la queue duquel le son tombe dans l'étage inférieur. Ainsi l'on peut, soit le jour, soit la nuit, sans autre travail manuel que celui de faire glisser des tiroirs ou quelque autre bagatelle de ce genre, moudre de la farine de la qualité qu'on demande ordinairement; et l'on peut extraire du grain et en séparer par une seule opération, la plus grande quantité possible de farine superfine.

Pour me conformer à ce qui m'a été demandé, j'essaierai maintenant d'expliquer la manière de construire les différentes espèces de roues hydrauliques généralement employées; comment on doit leur livrer l'eau; quelles dimensions il faut leur donner, etc., pour toutes les chutes comprises entre 0m,914 et 10m,973 (3 et 36 *ft*). Je donnerai aussi des tables que j'ai calculées, pour indiquer comment il faut les garnir d'engrenages et de meules; et les tracés de plusieurs roues hydrauliques avec leurs avant-becs, et la manière de leur livrer l'eau.

THOMAS ELLICOTT.

Digitized by Google

# GUIDE

DU

# CONSTRUCTEUR DE MOULINS.

## ART. I. — DES MOULINS EN-DESSOUS.

La *fig.* 97 représente une roue en-dessous *R*, de $5^m$,486 (18 *ft.*) de diamètre, établie sur une chute totale de $0^m$,914 (3 *ft.*); elle devrait avoir $0^m$,610 (2 *ft.*) de largeur pour chaque longueur de $0^m$,305 (1 *ft.*) contenue dans le diamètre des meules, c'est-à-dire que sa largeur entre les joues extérieures doit être égale au double du diamètre de la meule courante. Ainsi, pour des meules de $1^m$,20 de diamètre, la roue aura $2^m$,40 d'arasement intérieur. A cause de sa grande largeur, il sera bon d'employer trois systèmes de jantes et d'embrassures *r*. L'arbre *A* de cette roue doit avoir au moins $0^m$,66 (26 *in.*) de diamètre. Il faut pour la construire, 12 bras doubles ou embrassures de $5^m$,486 (18 *ft.*) de long, et de $0^m$,088 (3,5 *in.*) d'épaisseur, sur $0^m$,228 (9 *in.*) de largeur; 24 segmens de jantes ou joues de $2^m$,286 (7,5 *ft.*) de long, de $0^m$,254 (10 *in.*) de large, sur $0^m$,76 (3 *in.*) d'épaisseur; et 32 palettes ou aubes de $0^m$,380 (15 *in.*) de largeur. Notez que cette roue peut être appliquée aux mêmes engrenages qu'une roue en-dessus de diamètre égal.

La figure représente l'avant-bec *B*, avec ses semelles, ses poteaux, sa vanne *v*, son glacis *ab*; j'ai donné dans ce cas, $0^m$,305 (1 *ft.*) de pente à ce glacis, et j'ai ménagé $0^m$,610 (2 *ft.*) de hauteur d'eau sur le seuil de la vanne.

La *fig.* 98 représente une roue en-dessous *R*, de $5^m$,486 (18 *ft.*)

de diamètre, établie sur une chute de 2$^{m}$,134 (7 *ft.*). Elle doit avoir entre les jantes, une largeur égale au diamètre de la meule. Le diamètre de son arbre *A* doit être de 0,$^{m}$61 (2 *ft.*). Il lui faut 8 embrassures *r* de 5,$^{m}$486 (18 *in.*) de longueur, de 0,$^{m}$083 (3,5 *ft.*) d'épaisseur, sur 0,$^{m}$229 (9 *in.*) de largeur; et 16 parties de jantes de 2,$^{m}$286 (7,5 *ft.*) de longueur, 0,$^{m}$154 (10 *in.*) de largeur sur 0,$^{m}$076 (3 *in.*) d'épaisseur. Notez que cette roue peut être garnie des mêmes engrenages qu'une roue en-dessus de 3,$^{m}$962 (13 *ft.*) de diamètre, parce qu'elles feront à peu près le même nombre de révolutions par minute. Cette figure représente l'avant-bec *B*, la vanne *v* et le glacis ou buse *ab*. La pente de celui-ci et hauteur d'eau sur le seuil de la vanne, sont à peu près égales entre elles.

La *fig.* 99 représente une roue en-dessous *R*, de 3$^{m}$,658 (12 *ft.*) de diamètre, adaptée à une chute totale de 4,$^{m}$572 (15 *ft.*). Elle doit avoir pour largeur la moitié du diamètre de la meule courante. Son arbre *A* aura 0$^{m}$,508 (20 *in.*) de diamètre. Elle demande six embrassures *r* de 3$^{m}$,658 (12 *ft.*) de longueur, de 0,$^{m}$076 (3 *in.*) d'épaisseur, sur 0,$^{m}$203 (8 *in.*) de large; 12 parties de jantes ou joues de 1,$^{m}$981 (6,5 *ft.*) de long, de 0,$^{m}$063 (2,5 *in.*) d'épaisseur et 0,$^{m}$203 (8 *in.*) de largeur.

Cette roue est très-convenable pour mouvoir une meule de 1$^{m}$,524 (5 *ft.*), à l'aide d'un engrenage simple, dont le grand rouet porterait 60 dents et la lanterne 16 fuseaux : ou une meule de 1,$^{m}$372 (4,5 *ft.*) de diamètre, à l'aide de 62 dents et 15 fuseaux; ou enfin une meule de 1,$^{m}$219 (4 *ft.*) à l'aide de 64 dents et 14 fuseaux. Ces engrenages iront bien jusqu'à ce que la chute soit réduite à 3,658 (12 *ft.*); seulement le diamètre de la roue devra être diminué à mesure que la chute sera plus petite, afin qu'elle fasse le même nombre de révolutions par minute; mais cette roue demande plus d'eau qu'un moulin de côté avec la même chute. La figure montre l'avant-bec *B*, la vanne *v*, le glacis ou buse *ab*, et sa pente.

Les avant-becs doivent être larges en proportion de la quantité d'eau qu'ils doivent conduire aux roues, et doivent être

placés à $2^m$,438 ou $3^m$,048 (8 ou 10 *ft.*) sur le bord du rivage; leurs parties doivent être bien jointives pour empêcher qu'ils ne perdent l'eau, ce qui arriverait, s'ils n'étaient pas bien consolidés.

### Art. 2. — Manière de construire les avant-becs des moulins.

La meilleure manière que je connaisse, pour établir cette espèce d'ouvrage, est démontrée dans la *fig.* 96. Construisez pour cela un nombresuffisant de cadres très-solides composés chacun d'une semelle, de deux montans et d'un chapeau; placez-les en travers, comme il est indiqué dans la figure, et à $0^m$,762 ou $0^m$,914 (2,5 a 3 *ft.*) de distance l'un de l'autre. C'est contre ces cadres que les palplanches doivent être clouées. Il ne faut pas que les semelles soient placées en longueur, car alors l'eau serait sujette à fuir.

Le cadre *CC* contre lequel s'exerce la pression de l'eau, et autre *C'C'*, situé à $1^m$,829 ou $2^m$,438 (6 ou 8 *ft.*) en aval, dans le massif de la digue, doivent s'étendre de $1^m$,219 ou $1^m$,524 (4 ou 5 *ft.*) de chaque côté. Les prolongemens du plancher doivent être garnis de palplanches sur le devant, pour empêcher que l'eau et la vermine ne dégradent l'ouvrage. Les semelles de ces longs cadres doivent être bien consolidées à l'aide de madriers cloués le long du côté supérieur, depuis une extrémité jusqu'à l'autre.

Les semelles étant posées sur de bonnes fondations, la terre et le gravier doivent être bien battus de toutes parts, jusqu'à fleur de leur face supérieure. Disposez alors par-dessus un plancher de bonnes palplanches jointives chevillées avec elles. Établissez le glacis, dont vous prolongerez l'extrémité supérieure un peu en amont de la vanne, afin que quand celle-ci est entièrement levée, il puisse bien diriger l'eau sur la roue. Garnissez de planches les parois de l'avant-bec, et de la coursière, jusqu'à la hauteur convenable. Ménagez le pertuis pour

l'écoulement de l'eau; disposez-en la vanne verticalement; mettez la roue en place, et donnez la dernière main à tout, afin qu'on puisse faire agir l'eau.

On doit placer en amont, un rateau ou grillage pour retenir les ordures flottant sur l'eau, lesquelles pourraient casser en passant, les palettes et les aubes des roues en-dessous, de-côté et à-augets par-derrière, ou endommager les vannes. Ce grillage se construit en plaçant un cadre *g*,*g*, à $0^m,914$ (3 *ft.*), en amont de l'avant-bec, et dont le chapeau reçoit le haut des barreaux. Les pieds de ceux-ci posent sur un patin *pp*, placé à $0^m,61$ (2 *ft.*) plus loin; de sorte que les barreaux, faits avec des lattes, et présentant au courant d'eau leur plus petite dimension, sont posés en contre-pente, à la distance de $0^m,051$ (2 *in.*) l'un de l'autre. Le fond de la prise d'eau, sous le grillage, doit être plancheié, pour empêcher que l'eau ne le creuse en passant par dessous ce grillage quand il est engorgé; les côtés doivent être aussi garnis de planches fixées en dehors des montans, pour retenir le massif de la digue. Le grillage doit s'étendre sur une largeur double de celle de l'avant-bec, sans cela l'eau n'arriverait pas assez vite pour y maintenir son niveau, véritable ressort du mouvement d'un moulin en-dessous.

### ART. 3. — DU PRINCIPE DES MOULINS EN-DESSOUS.

Ces moulins diffèrent de tous les autres par leur principe, en ce que l'eau perd toute sa force par son premier choc contre les aubes de la roue; et le temps durant lequel cette force se consomme, est en proportion avec la différence des vitesses de cette roue et de l'eau, et avec l'écartement des palettes. D'autres moulins sont mus par le poids de l'eau, après que la force due à l'écoulement de ce liquide est dépensée; mais un moulin en-dessous s'arrêterait aussitôt que la colonne d'eau motrice serait dépensée, parce que le poids de cette colonne ne le solliciterait point après le choc.

On doit combiner les engrenages de manière que, lorsque la meule tourne d'un mouvement convenable, la roue hydraulique n'aille pas trop vite relativement à l'eau motrice, ce qui l'empêcherait d'en recevoir toute la puissance possible ; il ne faut pas non plus que cette roue tourne trop doucement, car la puissance de l'eau se perdrait par les rejaillissemens et par son passage au-dessus des aubes. Cet objet demande une attention particulière, et a embarrassé nos mécaniciens théoriciens, lorsqu'ils ont voulu l'examiner par le raisonnement. Ils nous donnent pour règle qu'une roue en-dessous doit se mouvoir exactement avec le tiers de la vitesse de l'eau motrice. Peut-être cela convient-il lorsque la colonne d'écoulement n'a pas beaucoup plus de hauteur que les palettes; mais je suis entièrement convaincu que cette règle ne peut être appliquée aux roues en-dessous mues par des colonnes d'écoulement d'une grande hauteur.

*Expérience pour déterminer le mouvement qui convient aux roues hydrauliques en-dessous.*

Ayant ouvert entièrement la vanne d'une roue hydraulique en-dessous, pour faire agir contre ses palettes l'eau s'écoulant sous une colonne de ce liquide, ayant 4m,572 (15 *ft.*) de hauteur, je comptai le nombre de révolutions que la roue sans charge opérait par minute; je mis ensuite cette roue en communication avec la meule du moulin; je comptai encore le nombre de révolutions par minute, que la roue effectuait pendant le moulage, et la différence de ce nombre avec le premier ne fut pas plus d'un quart en moins. Je crois que, si j'avais retardé le mouvement de la roue jusqu'à le rendre égal au tiers de celui de l'eau, ce liquide aurait rejailli jusqu'à l'arbre. De là je conclus que le mouvement de l'eau ne doit pas être diminué de plus d'un tiers ni de moins d'un quart, autrement ce liquide perdrait de sa puissance; car, quoique la roue éprouve un plus grand effort, par un mouvement lent que par un mouve-

ment rapide, cependant elle ne produit pas un aussi grand effet quand le mouvement en est trop ralenti. De même si le mouvement de la roue est trop rapide, elle opposera moins de résistance à l'action de l'eau, et son effet sera moindre en proportion.

Je conclus de tout cela que les deux tiers de la vitesse de l'eau motrice sont la valeur de la vitesse qui convient à une roue hydraulique en-dessous; l'eau dépensera alors sa force en parcourant l'intervalle de deux palettes.

On voit par ce qui précède que, je diffère beaucoup de l'opinion des savans auteurs qui ont avancé que la vitesse des points de la circonférence d'une roue en-dessous ne devrait égaler que le tiers de celle de l'eau. Pour réfuter leur règle, supposons que les palettes ont $0^m,305$ (12 *in.*) de hauteur, et que la lame d'eau qui les frappe a $0^m,203$ (8 *in.*) d'épaisseur, il est clair que, si le mouvement de l'eau est diminué des deux tiers, la lame de ce liquide en deviendra trois fois aussi épaisse que d'abord, et s'élèvera à la hauteur de $0^m,610$ (24 *in.*). Cela étant, on voit que l'eau montera par-dessus les palettes, et la roue tournera dans cette eau sans force; si au contraire on ne diminue que d'un tiers le mouvement de l'eau motrice, la lame n'atteindra qu'une épaisseur de $0^m,305$ (12 *in.*), et quittera la roue tranquillement.

*Instructions sur la manière d'établir les engrenages doubles pour une roue en-dessous de $5^m,486$ (18 ft.) de diamètre, quand la hauteur de la colonne d'écoulement est de $0^m,914$ (3 ft.) à $2^m,438$ (8 ft.) au-dessus du point où l'eau frappe les palettes de la roue.*

1° Pour une colonne d'écoulement de $0^m,914$ (3 *ft.*) et une roue de $5^m,486$ (18 *ft.*), voyez les engrenages qui conviennent à la roue de ce diamètre, dans la table des moulins en-dessus;

2° Pour une colonne d'écoulement de $1^m,117$ (3 *ft.* 8 *in.*),

et la même roue voyez les engrenages qui conviennent à la roue de $5^m$,181 ( 17 *ft.*) dans la même table ;

3° Pour une colonne d'écoulement de $1^m$,321 ( 4 *ft.* 4 *in.*), voyez la roue de $4^m$,877 ( 16 *ft.*) dans la même table ;

4° Pour une colonne d'écoulement de $1^m$,524 ( 5 *ft.*), voyez la roue de $4^m$,572 ( 15 *ft.*), *idem*.

5° Pour une colonne d'écoulement de $1^m$,727 ( 5 *ft.* 8 *in.*), voyez la roue de $4^m$,267 ( 14 *ft.*), *idem*.

6° Pour une colonne d'écoulement de $1^m$,930 ( 6 *ft.* 4 *in.*), voyez la roue de $3^m$,962 ( 13 *ft.*), *idem*.

7° Pour une colonne d'écoulement de $2^m$,134 ( 7 *ft.*), voyez la roue de $3^m$,658 ( 12 *ft.*), *idem*.

Ces roues exécutant par minute le même nombre de révolutions à peu près, que la roue en-dessous de $5^m$,486 ( 18 *ft.*) de diamètre, dont on veut déterminer les engrenages, ceux-ci doivent être évidemment les mêmes.

La table suivante est calculée pour des meules de toutes dimensions, depuis $1^m$,219 ( 4 *ft.*) jusqu'à $1^m$,829 ( 6 *ft.*) de diamètre ; pour des roues hydrauliques de différentes grandeurs, depuis $3^m$,658 (12 *ft.*) jusqu'à $5^m$,486 ( 18 *ft.*) de diamètre ; et enfin pour des colonnes d'écoulement variant, depuis $2^m$,438 (8 *ft.*) jusqu'à $6^m$,096 (20 *ft.*) de hauteur, au-dessus du point où les palettes sont frappées par l'eau. Les engrenages sont proportionnés de manière à faire effectuer respectivement par minute, 88, 97 et 106 révolutions, à des meules de $1^m$,524 ( 5 *ft.*), $1^m$,372 (4 *ft.* 6 *in.*), et $1^m$,219 (4 *ft.*) de diamètre ; quand la roue hydraulique tourne avec les deux tiers de la vitesse de l'eau motrice.

***Table du constructeur de moulins, pour les moulins en-dessous à simple engrenage et des meules de $1^m324$ (5 ft.) de diamètre.***

| Hauteur de colonne d'écoulement en | | Diamètre de la roue hydraulique en | | Vitesse de l'eau motrice par minute en | | Vitesse de la roue hydraulique par minute en | | Nombre de dents du grand rouet. | Nombre de fuseaux de la lanterne. | Nombre de révolutions effectuées durant une minute par | | Nombre de tours que fait la meule pour chaque tour de le roue hydraulique. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mètres. | *feet.* | mètres. | *feet.* | mètres. | *feet.* | mètres. | *feet.* | | | la roue hydraulique. | la meule. | |
| 2,438 | 8 | 3,658 | 12 | 414,52 | 1360 | 276,35 | 906 | 56 | 15 | 24 | 88 | 3,75 |
| 2,743 | 9 | 3,962 | 13 | 441,44 | 1448 | 294,29 | 965 | 58 | 15 | 23,50 | 88 | 3,88 |
| 3,048 | 10 | 4,267 | 14 | 463,59 | 1521 | 309,06 | 1014 | 58 | 15 | 23,14 | 88 | 3,86 |
| 3,353 | 11 | 4,572 | 15 | 486,15 | 1595 | 324,10 | 1061 | 58 | 15 | 22,75 | 88 | 3,75 |
| 3,658 | 12 | 4,877 | 16 | 507,79 | 1666 | 338,53 | 1111 | 58 | 15 | 22,25 | 88 | 3,88 |
| 3,962 | 13 | 4,877 | 16 | 528,82 | 1735 | 352,55 | 1157 | 60 | 16 | 23,14 | 88 | 3,75 |
| 4,267 | 14 | 4,877 | 16 | 548,63 | 1800 | 365,75 | 1200 | 59 | 16 | 24, | 88 | 3,67 |
| 4,572 | 15 | 4,877 | 16 | 567,83 | 1863 | 378,55 | 1242 | 60 | 17 | 24,80 | 88 | 3,50 |
| 4,877 | 16 | 4,877 | 16 | 586,42 | 1924 | 390,95 | 1283 | 59 | 17 | 25,67 | 88 | 3,38 |
| 5,181 | 17 | 5,181 | 17 | 604,41 | 1983 | 402,94 | 1322 | 62 | 17 | 25, | 88 | 3,75 |
| 5,486 | 18 | 5,181 | 17 | 622,09 | 2041 | 414,72 | 1361 | 62 | 17 | 25,67 | 88 | 3,38 |
| 5,791 | 19 | 5,486 | 18 | 639,15 | 2097 | 426,10 | 1398 | 62 | 17 | 25, | 88 | 3,75 |
| 6,096 | 20 | 5,486 | 18 | 655,92 | 2152 | 437,28 | 1435 | 60 | 17 | 25,50 | 88 | 3,38 |

Remarquez qu'il y a moyennement 60 dents dans le grand rouet indiqué par la table précédente, et que 60 fois $0^m,025$ (1 *in.*) est la grandeur du diamètre $1^m,524$ (5 *ft.*) de la meule con-

sidérée ; ainsi l'on pourra, sans erreur sensible, mettre une dent de plus dans le rouet pour chaque longueur de $0^m,025$ ( 1 *in.*), que toute autre meule que l'on voudrait employer, et pas au-dessous de $1^m,219$ (4 *ft.*), aura de moins que le diamètre de la meule pour lequel la table est calculée ; la lanterne et la roue hydraulique restant toujours les mêmes. Pour chaque longueur de $0^m,076$ (3 *in.*) que le diamètre de la meule que vous voudrez adopter, aura de plus que le diamètre de la meule relative à la table, il faudra mettre un fuseau de plus dans la lanterne, et le mouvement sera à peu près ce qu'il doit être jusqu'à ce que ce diamètre ait atteint $1^m,829$ (6 *ft.*).

### Art. 4. — Des roues hydrauliques de-côté.

Les roues hydrauliques de-côté, diffèrent peu des roues en-dessus, soit dans leur construction, soit par leur mouvement; cependant l'eau passe au-dessous des roues de-côté et non au-dessus. Elles doivent être d'autant plus larges que les chutes sur lesquelles on veut les établir sont moindres.

La *fig.* 100, représente une roue de-côté en contre-bas, établie sur une chute totale de $2^m,438$ (8 *ft.*) ; elle devra avoir $0^m,229$ (9 *in.*) de largeur pour chaque fois que le diamètre de la meule contiendra $0^m,305$ (1 *ft.*). Ces roues ont ordinairement $5^m,486$ (18 *ft.*) de diamètre; le nombre et les dimensions de leurs parties suivent, savoir : 8 embrassures de $5^m,486$ (18 *ft.*) de long de $0^m,229$ (9 *in.*) de large sur $0^m,083$ (3,25 *in.*) d'épaisseur; 16 parties de jantes de $2^m,438$ (8 *ft.*) de long $0^m,229$ (9 *in.*) de large et $0^m,063$ (2,5 *in.*) d'épaisseur; 56 devants d'augets, et un arbre de $0^m,61$ (2 *ft.*) de diamètre.

Le tracé représente l'avant-bec *B*, la position de la vanne *v* et la manière de lancer l'eau sur la roue; on y voit aussi le coursier cylindrique *bc*, etc.

La *fig.* 101 montre une véritable roue de-côté, de $5^m,486$ (18 *ft.*) de diamètre, établie sur une chute de $3^m,658$ (12 *ft.*);

elle devra avoir 0m,203 (8 *in.*) de largeur, pour chaque fois que le diamètre de la meule contiendra une longueur de 0m,305 (1 *ft.*).

Le tracé montre l'avant-bec *B*, la vanne *v*, la manière de lancer l'eau sur la roue, et le coursier *bc* qui l'embrasse.

La *fig.* 102 représente une roue de-côté en contre-haut, de 4m,877 (16 *ft.*) de diamètre, établie sous une colonne d'écoulement de 0m,914 (3 *ft.*) de hauteur et sur une chute de 3m,048 (10 *ft.*). Elle devra avoir 0m,178 (7 *in.*) de largeur, pour chaque fois que le diamètre de la meule contiendra 0m,305 (1 *ft.*). Le nombre et les dimensions de ses différentes parties sont : 6 embrassures de 4m,877 (16 *ft.*) de long, 0m,229 (9 *in.*) de large sur 0m,083 (3,25 *in.*) d'épaisseur ; 12 parties de jantes de 2m,438 (8 *ft.*) de long, 0m,229 (9 *in.*) de large sur 0m,057 (2,5 *in.*) d'épaisseur et 48 augets.

## Art. 5. — Des roues à-augets-par-derrière.

Les roues hydrauliques à-augets-par-derrière (*pitch-back*) sont construites exactement comme les roues de-côté, avec cette différence que l'eau leur est livrée beaucoup plus haut.

La *fig.* 103 représente une roue de l'espèce considérée, ayant 5m,486 (18 *ft.*) de diamètre, établie sous une colonne d'écoulement de l'eau, de 0m,914 (3 *ft.*), et sur une chute de 4m,877 (16 *ft.*) au-dessous. Elle devra avoir 0m,152 (6 *in.*) de largeur, pour chaque fois que le diamètre de la meule contiendra la longueur de 0m,305 (1 *ft.*).

La figure montre l'avant-bec *B*, la vanne *v*, et le tablier ; la vanne glisse au fond de l'avant-bec et se manœuvre à l'aide d'un levier tournant contre un rouleau. Cette roue est très-recommandée par quelques mécaniciens théoriciens pour économiser l'eau ; mais je ne suis pas de leur opinion. Je pense qu'une roue en-dessus, disposée sous la même colonne d'écoulement et sur la même chute, aura une puissance égale ;

tout en procurant en outre de l'économie dans la dépense. Des roues aussi grandes en diamètre sont d'ailleurs difficiles à tenir en bon état (1).

## Art. 6. — Des roues hydrauliques en-dessus.

Les roues hydrauliques en-dessus reçoivent l'eau à leur sommet et sont mues par le poids de ce liquide. Leur emploi doit être fortement recommandé partout où la chute est suffisante.

La *fig.* 104 en représente une de 5$^{m}$,486 (18 *ft.*) de diamètre. Cette roue doit être d'à peu près de 0$^{m}$,152 (6 *in.*) de largeur pour chaque fois que le diamètre de la meule contient la longueur de 0$^{m}$,305 (1 *ft.*). Elle doit être à 0$^{m}$,203 ou 0$^{m}$,229 (8 ou 9 *in.*) au-dessus du niveau d'aval, autrement l'eau inférieure en sera attirée. La hauteur de l'eau sur le seuil de la vanne doit être généralement d'environ 0$^{m}$,914 (3 *ft.*); de sorte que ce liquide s'écoule un tiers plus vite que la roue ne doit se mouvoir. Le chenal aura 0$^{m}$,076 (3 *in.*) de pente, et livrera l'eau exactement au milieu du sommet de la roue.

J'ai calculé une table pour garnir d'engrenages les roues en-dessus, et qui conviendra également à toutes les autres roues d'un diamètre égal qui seront établies sous des colonnes d'écoulement égales comptées au-dessus du point où l'eau frappe la roue. Les dimensions et les parties de la roue représentée sont: 8 embrassures de 5$^{m}$,486 (18 *ft.*) de longueur, de 0$^{m}$,229 (9 *in.*) de large sur 0$^{m}$,076 (3 *in.*) d'épaisseur; 16 parties de jante de 2$^{m}$,362 (7 *ft.* 9 *in.*) de longueur, 0$^{m}$,063 (2,5 *in.*) d'épaisseur sur 0$^{m}$,178 à 0$^{m}$,203 (7 à 8 *in.*) de large; 56 augets, et un arbre de 0$^{m}$,610 (24 *in.*) de diamètre.

La figure représente aussi l'avant-bec *B*, le chenal *ab*; on livre l'eau à la roue en levant la vanne *v*.

(1) Voyez l'Appendice.

La *fig.* 105 représente une petite roue en-dessus de 3$^{m}$,656 (12 *ft.*) de diamètre, et dont la largeur doit être égale au diamètre de la meule ; ses parties et ses dimensions sont : 6 embrassures de 3$^{m}$,656 (12 *ft.*) de long et de 0$^{m}$,229 (9 *in.*) de large sur 0$^{m}$,089 (3,5 *in.*) d'épaisseur ; 12 parties de jantes de 1$^{m}$,981 (6,5 *ft.*) de long, 0$^{m}$,203 (8 *in.*) de large, et 0$^{m}$,063 (2,5 *in.*) d'épaisseur ; un arbre de 0$^{m}$,559 (22 *in.*) de diamètre et 30 augets.

La *fig.* 106 représente une très-grande roue en-dessus, de 9$^{m}$,144 (30 *ft.*) de diamètre, et qui devra avoir 0$^{m}$,089 (3,5 *in.*) de largeur pour chaque fois que le diamètre de la meule contiendra 0$^{m}$,205 (1 *ft.*). Ses parties et ses dimensions sont les suivantes, savoir : 6 rais doubles ou embrassures principales de 9$^{m}$,144 (30 *ft.*) de longueur, 0$^{m}$,083 (3,25 *in.*) d'épaisseur, sur 0$^{m}$,254 (10 *in.*) de largeur à l'arbre et 0$^{m}$,152 (6 *in.*) seulement aux bouts ; 12 bras courts ou arcs-boutans de 4$^{m}$,267 (14 *ft.*) de longueur, et de grosseur égale à celle des bras principaux sur lesquels ils sont assemblés près de l'arbre, comme on le voit dans la figure ; car s'ils étaient tous passés à travers l'arbre, ils l'affaibliraient trop. Cet arbre doit avoir 0$^{m}$,686 (27 *in.*) de diamètre, parce que la roue est très-lourde et qu'elle supporte une grande charge d'eau. Les roues de cette taille ne demandent qu'un faible volume d'eau pour être mises en mouvement.

## Art. 7. — Des mouvemens des roues en-dessus.

Après avoir fait beaucoup d'expériences, j'ai conclu que la circonférence des roues hydrauliques en-dessus, destinées à mettre en activité de travail des meules de moulin faisant bien farine, doit tourner avec une vitesse de 167$^{m}$,637 (550 *ft.*) par minute. J'ai reconnu aussi que la vitesse de la circonférence de ces meules doit être de 419$^{m}$,092 (1375 *ft.*) dans le même espace de temps ; cela revient à dire que, pendant que la circonférence de la roue décrit un espace égal à 12, la

circonférence de la meule parcourt un espace égal à 30 ; ou en d'autres termes, que les vitesses des circonférences désignées sont dans le rapport de 2 à 5.

Alors, pour trouver combien de révolutions la roue que vous vous proposez d'établir effectuera par minute, opérez comme il suit :

Calculez d'abord la circonférence de la roue en multipliant le diamètre par 22 et divisant par 7, de cette manière. Supposons que le diamètre de la roue en-dessus est de $4^m,877$, ce nombre, multiplié par 22 ; produit 107,294, qui, étant divisé par 7, donne $15^m,313$ pour la circonférence cherchée.

```
   4,877
  22
 -------
   9 754
  97 54
 -------
 107,294
 -------
  15,328
```

Divisant actuellement par la longueur de cette circonférence, l'espace $167^m,637$ que les points de la circonférence de la roue doivent parcourir durant une minute, on obtient pour quotient 10,93, lequel indique le nombre de révolutions cherché.

```
 167,637 | 15,328
 --------|-------
  14 3570| 10,93
   56180
   -----
   10196
```

Pour trouver le nombre de révolutions que doit faire par minute, une meule de $1^m,372$ (*4 ft.* 6 *in.*) de diamètre, multipliez de même 1,372 par 22, divisez ensuite le produit par 7, et vous aurez d'abord pour quotient la circonférence de la meule, égale à $4^m,312$ (169,72 *in*)

```
  1,372
 22
 ------
  2 744
 27 44
 ------
 30,184
 ------
  4,312
```

Cela fait, divisez par la longueur de cette circonférence, la vitesse $419^m,092$, que chacun de ses points doit parcourir durant une minute, et vous trouverez 97,19 pour le nombre de révolutions qu'une meule de $1^m,372$ (4,5 *ft.*) de diamètre doit faire, par minute.

```
 419,091 | 4,312
 --------|------
  31 011 | 97,19
   8270
  -----
   39580
```

Pour trouver maintenant combien la meule fera de révolutions pendant que la roue hydraulique en effectuera une, divisez 97,19, nombre de révolutions de la meule, par 10,9, nombre de révolutions de la roue dans le même temps, et vous aurez 8,892 pour le nombre cherché.

| | |
|---|---|
| 97,19 | 10,93 |
| 9 750 | 8,892 |
| 1 0060 | |
| 2230 | |

## Art. 8. — Des engrenages.

Si le moulin pouvait être construit à simple engrenage, un rouet de 98 dents et une lanterne de 11 fuseaux, donneraient à fort peu près à la meule le mouvement convenable ; mais le rouet serait trop grand, et la lanterne trop petite. Il faut donc disposer le moulin pour un double engrenage.

Supposons que nous donnions 66 dents au grand rouet et 48 dents au petit rouet, que la lanterne du premier ait 25 fuseaux, et que nous en admettions 15 dans la lanterne du gros fer de la meule ;

Alors, pour calculer le nombre de révolutions que la meule fera, pour une de la roue hydraulique, multipliez entre eux, d'une part, les nombres de dents des rouets, et de l'autre les nombres de fuseaux des lanternes; divisez le premier produit 3168 par le dernier 375, et vous aurez 8,44 ou pas tout-à-fait 8,5 révolutions, au lieu de 8,892 qu'il faudrait obtenir.

| | |
|---|---|
| 66 | 25 |
| 48 | 15 |
| 528 | 125 |
| 264 | 25 |
| 3168 | 375 |

| | |
|---|---|
| 3168 | 375 |
| 1680 | 8,44 |
| 1800 | |

Il est donc nécessaire d'examiner si une autre combinaison de dents et de fuseaux, ne pourrait pas conduire à un mouvement plus conforme à celui indiqué par les règles admises. Un peu de réflexion suffira pour voir qu'en diminuant le nom-

bre de fuseaux de la lanterne du grand rouet, on obtiendra un quotient plus grand que 8,44. Donnons donc à cette lanterne 24 fuseaux au lieu de 25 que nous lui en avons supposés; alors, en multipliant et divisant comme dans l'hypothèse précédente, nous trouverons que la meule fera 8,8 tours contre un tour de la roue hydraulique, ce qui approche autant qu'on peut le désirer du mouvement à obtenir.

Le moulin étant muni d'une roue en-dessus de $4^m877$ (16 *ft.*) de diamètre, opérant 11 révolutions par minute, et devant faire travailler une meule de $1^m,372$ (4,5 *ft.*) de diamètre, on obtiendra donc une transmission de mouvement convenable à l'aide des engrenages ci-après désignés.

Le grand rouet aura 66 dents d'un pas ou denture de $0^m,114$ (4,25 *in.*) à la circonférence, ou mesurés sur le *cercle primitif* de l'engrenage, à partir du milieu d'une dent jusqu'au milieu de la suivante; le petit rouet aura 48 dents, d'une denture de $0^m,178$ (4,25 *in.*): quant aux lanternes, celle du grand rouet aura 24 fuseaux de $0^m,114$ de denture; la lanterne du petit rouet, fixée sur le gros fer, aura 15 fuseaux de $0^m,178$ de denture.

## Art. 9—Règle pour trouver le diamètre des cercles primitifs des engrenages.

Pour trouver le diamètre du *cercle primitif* d'une roue d'engrenage, c'est-à-dire du cercle passant par le milieu de ses dents, multipliez le nombre de ces dents par la grandeur de la *denture* à la circonférence, et le produit exprimera la longueur de la circonférence du cercle primitif; en le multipliant par 7 et divisant ensuite le produit par 22, on obtiendra la grandeur du diamètre de ce cercle, mesuré en mêmes unités que la denture donnée.

En appliquant cette règle à la détermination du diamètre du cercle primitif du grand rouet de 66 dents, employé dans la construction du moulin, on trouve par le calcul ci-contre $2^m,394$ pour la mesure de ce diamètre. Pour avoir le diamètre extérieur de la jante du rouet, il faut à cette longueur ajouter $0^m,203$ (8 *in.*), et on aura enfin pour le diamètre de la jante ou *chanteau*, du dehors en-dehors $2^m,597$.

| | |
|---|---|
| 0,114 | |
| 66 | |
| 684 | |
| 6,84 | |
| 7,524 | |
| 7 | |
| 52,668 | 22 |
| 86 | 2,394 |
| 2 06 | |
| 88 | |

En calculant de la même manière les diamètres des cercles primitifs des autres engrenages, on trouve pour celui du petit rouet de 48 dents, dont la denture est de $0^m,108$ (4,25 *in.*), $1^m,649$; longueur à laquelle il faut ajouter $0^m,191$ ( 7,5 *in.* ) pour avoir le diamètre extérieur de la jante, qui est ainsi $1^m840$.

On trouvera de même que, le diamètre du centre primitif de la lanterne de 24 fuseaux, pour la denture de $0^m,114$ (4,5 *in.*), est égal à $0^m,874$; à quoi il faut ajouter $0^m,097$ (3,82 *in.*) pour avoir le diamètre extérieur des disques ou *tourteaux*, lequel est égal ainsi à $0^m,971$.

Pour le cercle primitif de la lanterne de 15 fuseaux ayant $0^m,108$ ( 4,25 *in.* ) de denture, on a enfin $0^m,515$ ; et il faut ajouter $0^m,063$(2,5 *in.*) pour obtenir le diamètre extérieur des tourteaux $0^m,578$.

Ainsi se trouvent complétés les calculs pour un moulin, mu par une roue en dessus, de $4^m,877$ ( 16 *ft.* ), et muni de meules de $1^m,372$ (4,5 *ft.* ) de diamètre.

En suivant les mêmes règles, on peut faire des calculs semblables pour des roues en-dessus de toutes grandeurs depuis $3^m,658$ ( 12 *ft.* ) jusqu'à $9^m,144$ ( 30 *ft.* ), et des meules de $1^m,219$ à $1^m,829$ ( 4 à 6 *ft.* ) de diamètre, et former ainsi des tables très-utiles aux personnes qui ne sont pas familiarisées avec les calculs de ce genre le maître, ouvrier même, tout

capable qu'il soit de les calculer, s'en servira avantageusement pour abréger son travail du choix des bois, et de distribution de l'ouvrage aux ouvriers et apprentis.

J'ai reconnu par une longue expérience la nécessité de ces tables, aussi ai-je entrepris la tâche pénible de les calculer.

*Tables du constructeur de moulins en-dessus.*

Ces tables sont dressées pour des roues hydrauliques en-dessus de toutes grandeurs, depuis 3ᵐ,656 (12 *ft.*) jusqu'à 9ᵐ,144 (30 *ft.*) de diamètre, établies sous des colonnes d'écoulement convenables, et dont la vitesse à la circonférence est supposée d'à peu près 167ᵐ,637 (550 *ft.*) par minute. Elles indiquent les nombres de dents et de fuseaux des rouets et des lanternes d'un double engrenage, capable de donner à la circonférence des meules du moulin une vitesse de 419ᵐ,092 (1375 *ft.*) par minute. On y trouve aussi les diamètres des cercles primitifs de ces engrenages; les diamètres extérieurs de leurs chanteaux et tourteaux, et enfin les nombres de révolutions qu'effectuent par minute, tant les meules que les roues hydrauliques qui les mettent en mouvement (1).

Pour les détails, voyez les titres particuliers des quatre tables.

(1) Les tables suivantes sont calculées pour donner aux meules, par minute, les nombres de révolutions qui y sont inscrits, aussi exactement que des nombres entiers de dents et de fuseaux convenables peuvent le permettre, mouvement que je trouve plus lent de 8 ou 10 révolutions par minute, qu'*Evans* ne le propose dans sa table. Ce mouvement plus rapide est peut-être préférable dans le cas où l'on dispose de beaucoup de puissance, pour effectuer un travail uniforme sur une seule espèce de grain; mais dans les moulins des campagnes, où l'on moud continuellement des blés de différentes espèces, et où l'on a de fréquentes interruptions, je pense qu'un mouvement lent fait l'ouvrage avec plus de régularité. La table d'*Evans* n'étant calculée que pour des meules d'une seule grandeur, et la mienne l'étant pour quatre, si l'on adopte le mouvement que je propose, on devra chercher la grandeur de la roue hydraulique, le nombre de dents des rouets

La table première est relative aux meules de 1m,219 (4 *ft.*), la seconde aux meules de 1m,372 (4,5 *ft.*), la troisième à celles de 1m,524 (4 *ft.*), et la quatrième enfin aux meules de 1m,676 (5,5 *ft.*).

Si les meules que vous aurez adoptées sont de 0m,025 ou 0m,051 (1 ou 2 *in.*) plus grandes ou plus petites en diamètre, que celles désignées ci-dessus, servez-vous des indications de la table relative aux meules qui en approchent le plus, et de même pour les roues hydrauliques. Voyez pour les autres détails la manière de projeter les moulins.

*Usage des tables suivantes.*

Ayant nivelé l'emplacement du moulin et trouvé la mesure de la chute totale, déduisez-en ce qu'il faut pour les pentes des coursiers au-dessus et au-dessous de la roue. Supposez qu'il reste 6m,629 (21 *ft.* 9 *in.*) et que les meules ont 1m,219 (4 *ft.*) de diamètre ; cherchez alors dans la table I relative à ces meules, colonne 2, la chute qui se rapproche le plus de la vôtre, vous la trouverez dans l'exemple 7 ; et sur la même ligne, dans la colonne 3, vous verrez la hauteur 0m,914 (3 *ft.*) de la colonne d'écoulement qui doit être ménagée au-dessous de la roue ; dans la colonne 4, vous trouverez 5m,486 (18 *ft.*) pour le diamètre à donner à la roue hydraulique. Vous verrez vis-à-vis dans les colonnes suivantes toutes les proportions des engrenages propres à mettre en mouvement le moulin, en faisant effectuer aux meules 106 révolutions par minute.

et de fuseaux des lanternes, ainsi que leurs dimensions convenables, comme dans l'exemple qui suit ; en s'en tenant à ma table sous tous les rapports, le mouvement sera à peu près ce qu'il doit être.

## TABLE I.

*Pour les moulins en-dessus garnis de meules de* $1^m,219$ *de diamètre, opérant* 106 *révolutions par minute, la denture du premier engrenage étant de* $0^m,114$, *et celle du second de* $0^m,108$.

| | Chute totale ou différence de niveau des biefs inférieur et supérieur. | Hauteur ménagée pour la colonne d'écoulement de l'eau. | Diamètre de la roue hydraulique. | Largeur de la roue hydraulique. | Nombre de tours que fait la roue par minute. | Proposition des engrenages ou nombre de — Dents des roues. | Proposition des engrenages ou nombre de — Fuseaux des lanternes. | Diamètres des cercles primitifs des — Rouets. | Diamètres des cercles primitifs des — Lanternes. | Diamètres extérieurs des — Chanteaux des rouets. | Diamètres extérieurs des — Tourteaux des lanternes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. | | | | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. |
| 1 | 4,648 | 0,762 | 3,637 | 0,914 | 13, | 66<br>48 | 25<br>15 | 2,389<br>1,648 | 0,908<br>0,516 | 2,592<br>1,838 | 0,984<br>0,592 |
| 2 | 4,978 | 0,787 | 3,962 | 0,863 | 12,50 | 69<br>48 | 25<br>15 | 2,498<br>1,648 | 0,908<br>0,516 | 2,701<br>1,838 | 0,984<br>0,592 |
| 3 | 5,308 | 0,813 | 4,267 | 0,813 | 12, | 69<br>48 | 26<br>15 | 2,498<br>1,648 | 0,946<br>0,516 | 2,701<br>1,838 | 1,022<br>0,592 |
| 4 | 5,639 | 0,838 | 4,572 | 0,762 | 11,50 | 69<br>50 | 25<br>15 | 2,498<br>1,714 | 0,908<br>0,516 | 2,701<br>1,904 | 0,984<br>0,592 |
| 5 | 5,969 | 0,864 | 4,877 | 0,711 | 11, | 72<br>52 | 26<br>15 | 2,622<br>1,786 | 0,946<br>0,516 | 2,825<br>1,976 | 1,022<br>0,592 |
| 6 | 6,299 | 0,889 | 5,181 | 0,686 | 10,50 | 72<br>52 | 25<br>14 | 2,622<br>1,786 | 0,908<br>0,483 | 2,825<br>1,976 | 0,984<br>0,559 |
| 7 | 6,629 | 0,914 | 5,486 | 0,660 | 10, | 72<br>52 | 24<br>14 | 2,622<br>1,786 | 0,872<br>0,483 | 2,825<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 8 | 6,959 | 0,940 | 5,791 | 0,635 | 9,66 | 75<br>52 | 24<br>14 | 2,771<br>1,786 | 0,872<br>0,483 | 2,974<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 9 | 7,290 | 0,965 | [illegible] | 0,610 | 9,25 | 75<br>52 | 23<br>14 | 2,771<br>1,786 | 0,838<br>0,483 | 2,974<br>1,976 | 0,914<br>0,559 |
| 10 | 7,645 | 1,016 | 6,401 | 0,584 | 8,87 | 78<br>52 | 24<br>14 | 2,821<br>1,786 | 0,872<br>0,483 | 3,024<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 11 | 8,001 | 1,067 | 6,705 | 0,559 | 8,50 | 78<br>52 | 23<br>14 | 2,821<br>1,786 | 0,638<br>0,483 | 3,024<br>1,976 | 0,914<br>0,559 |
| 12 | 8,356 | 1,118 | 7,010 | 0,533 | 8,25 | 78<br>54 | 23<br>14 | 2,821<br>1,854 | 0,838<br>0,483 | 3,024<br>2,044 | 0,914<br>0,559 |
| 13 | 8,712 | 1,168 | 7,315 | 0,508 | 8, | 81<br>54 | 23<br>14 | 2,946<br>1,854 | 0,838<br>0,483 | 3,149<br>2,044 | 0,914<br>0,559 |
| 14 | 9,068 | 1,219 | 7,620 | 0,483 | 7,75 | 61<br>56 | 23<br>14 | 2,946<br>1,925 | 0,838<br>0,483 | 3,149<br>2,115 | 0,914<br>0,559 |
| 15 | 9,428 | 1,270 | 7,925 | 0,457 | 7,50 | 84<br>56 | 23<br>14 | 3,067<br>1,925 | 0,838<br>0,483 | 3,270<br>2,115 | 0,914<br>0,559 |
| 16 | 9,779 | 1,321 | 8,229 | 0,432 | 6,75 | 84<br>58 | 23<br>14 | 3,067<br>1,987 | 0,838<br>0,483 | 3,270<br>2,177 | 0,914<br>0,559 |
| 17 | 10,134 | 1,372 | 8,534 | 0,406 | 6.66 | 84<br>56 | 23<br>13 | 3,067<br>1,925 | 0,838<br>0,438 | 3,270<br>2,115 | 0,914<br>0,514 |
| 18 | 10,515 | 1,448 | 8,83[illegible] | 0,381 | 6,50 | 84<br>56 | 22<br>13 | 3,067<br>1,925 | 0,788<br>0,438 | 3,270<br>2,115 | 0,864<br>0,514 |
| 19 | 10,896 | 1,524 | 9,144 | 0,356 | 6,25 | 87<br>56 | 22<br>13 | 3,175<br>1,925 | 0,788<br>0,438 | 3,378<br>2,115 | 0,864<br>0,514 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

## TABLE II.

*Pour les moulins en-dessus garnis de meules de* $1^{m},372$ *de diamètre, opèrent* 99 *révolutions par minute, la denture du premier engrenage étant* $0^{m},114$ *et celle du second* $0^{m},108$.

| | Chute totale ou différence de niveau des biefs inférieur et supérieur. | Hauteur ménagée pour la colonne d'écoulement de l'eau. | Diamètre de la roue hydraulique. | Largeur de la roue hydraulique. | Nombre de tours que fait la roue par minute. | Proportion des engrenages ou nombre de | | Diamètres des cercles primitifs des | | Diamètre extérieur des | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dents des rouets. | Fuseaux des lanternes. | Rouets. | Lanternes. | Chanteaux des rouets. | Tourteaux des lanternes. |
| | Mètres. | mètres. | mètres. | mètres. | | | | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. |
| 1 | 4,648 | 0,762 | 3,658 | 1,067 | 13 | 66<br>48 | 26<br>15 | 2,389<br>1,648 | 0,946<br>0,516 | 2,592<br>1,838 | 1,022<br>0,592 |
| 2 | 4,978 | 0,787 | 3,962 | 1,015 | 12,50 | 66<br>48 | 25<br>15 | 2,389<br>1,648 | 0,908<br>0,516 | 2,592<br>1,838 | 0,984<br>0,592 |
| 3 | 5,308 | 0,813 | 4,267 | 0,965 | 12 | 69<br>48 | 26<br>15 | 2,498<br>1,648 | 0,946<br>0,516 | 2,701<br>1,838 | 1,022<br>0,592 |
| 4 | 5,639 | 0,838 | 4,572 | 0,914 | 11,50 | 69<br>48 | 25<br>15 | 2,498<br>1,648 | 0,908<br>0,516 | 2,701<br>1,858 | 0,984<br>0,592 |
| 5 | 5,969 | 0,864 | 4,877 | 0,863 | 11 | 69<br>50 | 25<br>15 | 2,498<br>1,703 | 0,908<br>0,516 | 2,701<br>1,893 | 0,984<br>0,592 |
| 6 | 6,299 | 0,889 | 5,181 | 0,813 | 10,50 | 72<br>52 | 26<br>15 | 2,622<br>1,786 | 0,946<br>0,516 | 2,825<br>1,976 | 1,022<br>0,592 |
| 7 | 6,629 | 0,914 | 5,486 | 0,762 | 10 | 72<br>52 | 25<br>14 | 2,622<br>1,786 | 0,908<br>0,483 | 2,825<br>1,976 | 0,984<br>0,559 |
| 8 | 6,959 | 0,940 | 5,791 | 0,711 | 9,50 | 72<br>52 | 24<br>14 | 2,622<br>1,786 | 0,872<br>0,483 | 2,825<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 9 | 7,290 | 0,965 | 6,096 | 0,864 | 9 | 75<br>52 | 24<br>14 | 2,771<br>[illegible] | 0,872<br>0,483 | 2,974<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 10 | 7,645 | 1,016 | 6,401 | 0,660 | 8,75 | 75<br>52 | 23<br>14 | [illegible]<br>1,786 | 0,838<br>0,483 | 2,974<br>1,976 | 0,914<br>0,559 |
| 11 | 8,001 | 1,067 | 6,705 | 0,635 | 8,75 | 78<br>62 | 24<br>14 | 2,821<br>1,786 | 0,872<br>0,483 | 3,024<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 12 | 8,356 | 1,118 | 7,010 | 0,610 | 8,25 | 78<br>52 | 23<br>14 | 2.821<br>1,786 | 0,838<br>0,483 | 3,024<br>1,976 | 0,914<br>0,559 |
| 13 | 8,712 | 1,168 | 7,315 | 0,584 | 8 | 78<br>54 | 23<br>14 | 2,821<br>1,854 | 0,838<br>0,483 | 3,024<br>2,044 | 0,914<br>0,559 |
| 14 | 9,068 | 1,219 | 7,620 | 0,559 | 7,75 | 81<br>54 | 23<br>14 | 2,946<br>1,834 | 0,838<br>0,483 | 3,149<br>2,044 | 0,914<br>0,559 |
| 15 | 9,423 | 1,270 | 7,925 | 0,533 | 7,50 | 81<br>56 | 23<br>14 | 2,946<br>1,925 | 0,838<br>0,483 | 3,149<br>2,115 | 0,914<br>0,559 |
| 16 | 9,779 | 1,321 | 8,229 | 0,508 | 6,75 | 84<br>56 | 23<br>14 | 3,067<br>1,925 | 0,838<br>0,483 | 3,270<br>3,257 | 0,914<br>0,559 |
| 17 | 10,134 | 1,372 | 8,534 | 0,457 | 6,66 | 84<br>58 | 23<br>14 | 3,067<br>1,987 | 0,838<br>0,483 | 3,270<br>2,177 | 0,914<br>0,559 |
| 18 | 10,515 | 1,448 | 8,839 | 0,432 | 6,50 | 84<br>56 | 23<br>13 | 3,067<br>[illegible] | 0,838<br>0,438 | 3,270<br>2,115 | 0,914<br>0,514 |
| 19 | 10,896 | 1,524 | 9,144 | 0,406 | 6,25 | 84<br>56 | 22<br>13 | [illegible]<br>1,925 | 0,788<br>0,438 | 3,270<br>2,115 | 0,864<br>0,514 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

## TABLE III.

*Pour les moulins en-dessus garnis de meules de* 1m,524 *de diamètre opérant* 86 *révolutions par minute, la denture du premier engrenage étant* 0m,114 *et celle du second,* 0m,108.

| | Chute totale ou différence de niveau des biefs inférieur et supérieur. | Hauteur ménagée pour la colonne d'écoulement de l'eau. | Diamètre de la roue hydraulique. | Largeur de la roue hydraulique. | Nombre de tours que fait la roue par minute. | Proportion des engrenages ou nombre de | | Diamètres des cercles primitifs des | | Diamètres extérieurs des | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dents des rouets. | Fuseaux des lanternes. | Rouets. | Lanternes. | Chanteaux des rouets. | Tourteaux des lanternes. |
| | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. | | | | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. |
| 1 | 4,648 | 0,762 | 3,658 | 1,219 | 13 | 63<br>48 | 26<br>16 | 2,289<br>1,648 | 0,946<br>0,584 | 2,492<br>1,838 | 1,022<br>0,660 |
| 2 | 4,978 | 0,787 | 3,962 | 1,168 | 12,50 | 66<br>48 | 26<br>16 | 2,389<br>1,648 | 0,946<br>0,584 | 2,592<br>1,838 | 1,022<br>0,660 |
| 3 | 5,308 | 0,813 | 4,267 | 1,118 | 12 | 66<br>48 | 25<br>15 | 2,389<br>1,648 | 0,908<br>0,516 | 2,592<br>1,838 | 0,984<br>0,592 |
| 4 | 5,639 | 0,838 | 4,572 | 1,067 | 11,50 | 69<br>48 | 26<br>15 | 2,498<br>1,648 | 0,946<br>0,516 | 2,701<br>1,838 | 1,022<br>0,592 |
| 5 | 5,969 | 0,864 | 4,877 | 1,016 | 11 | 69<br>48 | 25<br>15 | 2,498<br>1,648 | 0,908<br>0,516 | 2,701<br>1,838 | 0,984<br>0,592 |
| 6 | 6,299 | 0,889 | 5,181 | 0,965 | 10,50 | 69<br>50 | 25<br>15 | 2,498<br>1,703 | 0,908<br>0,516 | 2,701<br>1,195 | 0,984<br>0,592 |
| 7 | 6,629 | 0,914 | 5,486 | 0,914 | 10 | 72<br>52 | 26<br>15 | 2,622<br>1,786 | 0,946<br>0,516 | 2,825<br>1,976 | 1,022<br>0,592 |
| 8 | 6,959 | 0,940 | 5,791 | 0,864 | 9,66 | 72<br>52 | 25<br>14 | 2,622<br>1,786 | 0,908<br>0,483 | 2,825<br>1,976 | 0,984<br>0,559 |
| 9 | 7,290 | 0,965 | 6,096 | 0,813 | 9,25 | 72<br>62 | 24<br>14 | 2,622<br>1,786 | 0,872<br>0,483 | 2,825<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 10 | 7,645 | 1,016 | 6,401 | 0,762 | 9,87 | 75<br>52 | 24<br>14 | 2,771<br>1,786 | 0,872<br>0.483 | 2,974<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 11 | 8,001 | 1,067 | 6,705 | 0,737 | 8,50 | 75<br>52 | 23<br>14 | 2,771<br>1,786 | 0,838<br>0,483 | 2,974<br>1,976 | 0,911<br>0,559 |
| 12 | 8,356 | 1,118 | 7,010 | 0,711 | 8,25 | 78<br>52 | 21<br>14 | 2,821<br>1,786 | 0,872<br>0,483 | 3,024<br>1,976 | 0,948<br>0,559 |
| 13 | 8,712 | 1,168 | 7,315 | 0,686 | 8 | 78<br>52 | 23<br>14 | 2,821<br>1,786 | 0,838<br>0,483 | 3,024<br>1,976 | 0,914<br>0,559 |
| 14 | 9,068 | 1,219 | 7,620 | 0,660 | 7,75 | 78<br>54 | 23<br>14 | 2,821<br>1,854 | 0,838<br>0,483 | 3,024<br>2,044 | 0,914<br>0,559 |
| 15 | 9,423 | 1,270 | 7,925 | 0,640 | 7,50 | 81<br>54 | 23<br>14 | 2,946<br>1,854 | 0,838<br>0,483 | 3 059<br>2,044 | 0,914<br>0,559 |
| 16 | 9,779 | 1,321 | 8,229 | 0,584 | 6,66 | 81<br>56 | 23<br>14 | 2,946<br>1,925 | 0,838<br>0,483 | 3,059<br>2,115 | 0,914<br>0,559 |
| 17 | 10,134 | 1,372 | 8,534 | 0,533 | 6,33 | 81<br>56 | 23<br>14 | 3,067<br>1,925 | 0,838<br>0,483 | 3,270<br>2,115 | 0,914<br>0,559 |
| 18 | 10,515 | 1,448 | 8,839 | 0,483 | 6,25 | 84<br>58 | 23<br>14 | 3,067<br>1,987 | 0,838<br>0,483 | 3,270<br>2,177 | 0,914<br>0,559 |
| 19 | 10,896 | 1 524 | 9,144 | 0,457 | 6,25 | 84<br>56 | 23<br>13 | 3,067<br>1,925 | 0,838<br>0,438 | 3,270<br>2,115 | 0,914<br>0,514 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

## TABLE IV.

*Pour les moulins en-dessus garnis de meules de 1m,676 de diamètre, opérant 80 révolutions par minute, la denture du premier engrenage étant de 0m,122 et celle du second de 0m,114.*

| | Chute totale ou différence de niveau des biefs inférieur et supérieur. | Hauteur ménagée pour la colonne d'écoulement de l'eau. | Diamètre de la roue hydraulique. | Largeur de la roue hydraulique. | Nombre de tours que fait la roue par minute. | Proportion des engrenages ou nombre de — Dents des rouets. | Proportion des engrenages ou nombre de — Fuseaux des lanternes. | Diamètres des cercles primitifs des — Rouets. | Diamètres des cercles primitifs des — Lanternes. | Diamètres extérieurs des — Chanteaux des rouets. | Diamètres extérieurs des — Tourteaux des lanternes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. | | | | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. |
| 1 | 4,648 | 0,762 | 3,657 | 1,372 | 13 | 60<br>48 | 26<br>16 | 2,305<br>1,746 | 0,997<br>0,584 | 0,508<br>1,949 | 1,073<br>0,660 |
| 2 | 4,978 | 0,787 | 3,962 | 1,321 | 12,50 | 63<br>48 | 26<br>16 | 2,416<br>1,746 | 0,997<br>0,584 | 2,619<br>1,949 | 1,073<br>0,660 |
| 3 | 5,308 | 0,813 | 4,267 | 1,270 | 12 | 66<br>48 | 26<br>16 | 2,535<br>1,746 | 0,997<br>0,584 | 2,738<br>1,949 | 1,073<br>0,660 |
| 4 | 5,639 | 0,838 | 4,572 | 1,219 | 11,50 | 66<br>48 | 26<br>15 | 2,535<br>1,746 | 0,997<br>0,534 | 2,738<br>1,949 | 1,073<br>0,610 |
| 5 | 5,969 | 0,864 | 4,877 | 1,168 | 11 | 69<br>48 | 26<br>15 | 2,650<br>1,746 | 0,997<br>0,534 | 2.853<br>1,949 | 1,073<br>0,610 |
| 6 | 6,299 | 0,889 | 5,181 | 1,118 | 10,50 | 69<br>48 | 25<br>15 | 2,650<br>1,746 | 0,959<br>0,534 | 2,853<br>1,949 | 1,035<br>0,610 |
| 7 | 6,629 | 0,914 | 5,486 | 1,067 | 9 | 69<br>50 | 25<br>15 | 2,650<br>1,805 | 0,959<br>0,534 | 2,853<br>2,008 | 1,035<br>0,610 |
| 8 | 6,959 | 0,940 | 5,791 | 1,016 | 9,66 | 72<br>52 | 26<br>14 | 2,762<br>1,881 | 0,997<br>0,508 | 2,965<br>2,084 | 1,073<br>0,584 |
| 9 | 7,290 | 0,965 | 6,096 | 0,965 | 9,25 | 72<br>52 | 25<br>14 | 2,762<br>1,881 | 0,959<br>0,508 | 2,965<br>2,084 | 1,035<br>0,584 |
| 10 | 7,645 | 1,016 | 6,401 | 0,914 | 8,12 | 72<br>52 | 24<br>14 | 2,762<br>1,881 | 0,933<br>0,508 | 2,965<br>2,084 | 1,009<br>0,584 |
| 11 | 8,001 | 1,067 | 6,705 | 0,864 | 8,50 | 75<br>52 | 23<br>14 | 2,778<br>1,881 | 0,883<br>0,508 | 2,981<br>2,084 | 0,959<br>0,584 |
| 12 | 8,356 | 1,118 | 7,010 | 0,813 | 8,25 | 75<br>52 | 23<br>14 | 2,778<br>1,881 | 0,883<br>0,508 | 2,981<br>2,084 | 0,959<br>0,584 |
| 13 | 8,712 | 1,168 | 7,315 | 0,762 | 8 | 78<br>52 | 24<br>14 | 2,998<br>1,881 | 0,933<br>0,508 | 3,201<br>2,084 | 1,009<br>0,584 |
| 14 | 9,068 | 1,219 | 7,620 | 0,711 | 7,75 | 78<br>52 | 23<br>14 | 2,998<br>1,881 | 0,883<br>0,508 | 3,201<br>2,084 | 0,959<br>0,584 |
| 15 | 9,423 | 1,270 | 7,925 | 0,660 | 7,50 | 78<br>54 | 23<br>14 | 2,998<br>1,964 | 0,883<br>0,508 | 3,201<br>2,167 | 0,959<br>0,584 |
| 16 | 9,779 | 1,321 | 8,229 | 0,610 | 6,75 | 81<br>54 | 23<br>14 | 3,100<br>1,964 | 0,883<br>0,508 | 3,303<br>2,167 | 0,959<br>0,584 |
| 17 | 10,134 | 1,372 | 8,534 | 0,584 | 6,66 | 81<br>56 | 23<br>14 | 3,100<br>2,032 | 0,883<br>0,508 | 3,303<br>2,235 | 0,959<br>0,584 |
| 18 | 10,515 | 1,448 | 8,839 | 0,559 | 6,50 | 84<br>56 | 23<br>14 | 3,226<br>2,032 | 0,883<br>0,508 | 3,429<br>2,235 | 0,959<br>0,584 |
| 19 | 10,896 | 1,524 | 9,144 | 0,533 | 6,25 | 84<br>58 | 23<br>14 | 3,226<br>2,108 | 0,883<br>0,508 | 3,429<br>2,311 | 0,959<br>0,584 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

## ART. 10. — INSTRUCTIONS SUR LA MANIÈRE DE CONSTRUIRE LES ROUES EN-DESSUS.

Pour construire une roue en-dessus semblable à celle que représente la *fig.* 97, opérez comme il suit :

1° Dressez bien d'équerre, sur leurs quatre faces, les pièces de bois destinées à former les embrassures de la roue. Marquez le milieu de leur longueur, et divisez en quatre bandes égales, jusqu'à $0^m,152$ (6 *in.*) de part et d'autre de ce milieu, les deux faces qui doivent être fixées parallèlement à l'axe de la roue.

2° Placez un gros billot sur un terrain nivelé et assez étendu pour y assembler la roue, disposez des cales pour supporter les extrémités des embrassures au même niveau que le billot et à une hauteur commode pour le travail.

3° Couchez la première embrassure sur le billot, de manière que le point où l'axe de la roue doit la pénétrer, corresponde au milieu de ce billot ; pratiquez dans le côté tourné en haut, une entaille rectangulaire, en enlevant les trois quarts du bois sur une largeur suffisante pour recevoir en travers la seconde embrassure de la roue.

4° Pratiquez une entaille analogue sur le côté inférieur de la seconde embrassure, couchée d'équerre sur la première, assez large pour recevoir celle-ci, et d'une profondeur égale au quart de l'épaisseur du bois. Cela fait, assemblez ces deux embrassures qui se croiseront bien d'équerre, et dont les côtés s'affleureront parfaitement.

5° Posez la troisième embrassure par-dessus les deux premières ainsi assemblées, et de manière qu'elle soit située à égale distance de l'une et de l'autre. Tracez avec une pointe d'acier sur sa face inférieure, les lignes auxquelles correspondent les faces latérales des deux premières embrassures assemblées ; et réciproquement sur la face supérieure de celles-ci, les lignes auxquelles correspondent les faces latérales de la troisième embrassure. Enlevez alors cette dernière, et pratiquez-y une entaille

en croix, entre les lignes que vous venez d'y tracer et sur la demi-épaisseur du bois; faites de même sur la demi-épaisseur du bois des deux embrassures assemblées, une entaille entre les lignes que vous y avez tracées pour recevoir la troisième embrassure, que vous pourrez ainsi assembler avec les deux premières qu'elle effleurera parfaitement en-dessus et par-dessous.

6° Couchez pareillement la quatrième embrassure sur les trois autres, assemblées comme je viens de l'expliquer, et faites avec la pointe le tracé analogue à celui opéré pour la troisième embrassure. Donnez à l'entaille pratiquée sur le côté inférieur de la quatrième embrassure les trois quarts de l'épaisseur et à celle à pratiquer sur les trois embrassures assemblées le quart seulement de leur épaisseur; assemblez enfin la quatrième embrassure, et toutes les quatre se trouveront ainsi être renfermées dans l'épaisseur d'une seule.

7° Faites une espèce de *compas à verge* avec une règle de bois, en perçant à un de ses bouts un trou à l'aide d'une vrille, que vous enfoncerez ensuite dans le centre des embrassures de la roue. A partir de ce centre, mesurez sur la verge la moitié du diamètre de la roue et percez un trou de vrille sur la marque; percez enfin un troisième trou à une distance du second, vers le centre, égale à la largeur des joues. Dans cette partie de la règle, terminez-en les rives de sorte que leurs directions concourent vers le centre, afin de pouvoir vous en servir pour tracer les bouts des segmens des joues de la roue hydraulique.

8° Chantournez les deux rives des joues, suivant les traits circulaires obtenus avec le compas à verge. Donnez à ces joues la largeur et l'épaisseur nécessaires, et ménagez leurs assemblages tiercés, sur une longueur de $0^m,127$ (5 *in.*); pour cela *trusquinez* aux extrémités deux traits distans d'un peu plus que le tiers de l'épaisseur, à égales distances des faces. Opérez tous ces assemblages à l'exception du dernier, afin de pouvoir faire la dernière partie de joue un peu plus longue ou un peu plus courte, à la demande du diamètre de la roue. Tracez sur les

embrassures le passage du cercle de la roue, afin de poser les joues par-dessus et de les y fixer momentanément; après avoir serré leurs joints avec des chevilles. Cela fait, décrivez les véritables cercles extrêmes auxquels la zone des joues doit se terminer, et donnez un trait de trusquin à $0^m,038$ (1,5 *in.*) du dehors au dedans de l'épaisseur des joues, dans les endroits où elles doivent s'assembler aux embrassures.

9° Divisez le cercle en 8 parties égales, dont les points de division se rapprochent autant que possible du milieu de chaque segment de joue; tracez à chacun de ces points, sur le côté extérieur des joues, les directions des rayons vers le centre, afin de pratiquer dans ces directions les entailles dans lesquelles les embrassures de la roue doivent s'engager. Ces entailles auront $0^m,038$ ( 1,5 *in.* ) de profondeur, le restant du bois sera logé dans les bouts des embrassures qui seront taillées à enfourchement.

10° Renvoyez tout autour des bras les traits qui indiquent la longueur sur laquelle leurs extrémités doivent être taillées à enfourchement, trusquinez l'assemblage de manière à ce que les joues étant en place, les bras les débordent de $0^m,038$(1,5 *in.*) en-dehors. Percez un ou deux trous au travers de chacun de ces assemblages, afin de pouvoir les cheviller quand la roue sera en place. Repérez avec soin toutes les pièces et désassemblez-les.

11° Faites les enfourchemens des embrassures, assemblez-les de nouveau et avec les joues, et faites-y des trous, mais pas trop grands, ce qui serait pis que de les faire trop petits; prenez encore les joues à part, tournez en-dessus leurs faces intérieures et serrez ensemble leurs assemblages avec des chevilles. Pratiquez-y alors des entailles pour recevoir quatre palettes entre chaque bras, 32 en tout; ces entailles doivent être assez grandes pour admettre des clés qui maintiennent les aubes solidement assemblées, tout en leur permettant de glisser en-dedans, quand un corps étranger s'engage par accident sous la roue. Les extrémités des palettes assemblées dans les joues doi-

vent être taillées un peu en queue d'aronde. Quand un côté de la roue est ainsi assemblé, traitez l'autre de la même manière ; et alors la roue sera prête à être mise en place ; mais n'oubliez pas de recouvrir les joues par dehors et entre les embrassures, avec des planches de $0^m,025$ ( 1 *in.* ), clouées avec de forts clous, pour que toutes les parties de la roue hydraulique ne fassent ensemble qu'un tout bien solide.

## Art. 11. — Instructions pour préparer les arbres.

L'axe ou arbre d'une roue hydraulique à 8 bras doubles ou embrassures doit être taillé à 16 *pans* ou côtés ; et doit avoir à peu près $0^m,610$ ( 2 *ft.* ) de diamètre. L'arbre sur pied dont on voudra le faire devra porter $0^m,686$ ( 2 *ft.* 3 *in.* ) de diamètre à l'extrémité supérieure. Quand il sera abattu, sciez-le carrément à chaque bout, et roulez-le sur des *chantiers* placés de niveau. S'il n'est pas bien droit, tournez le côté qui bombe pardessous, et examinez-le bien ensuite, pour déterminer l'endroit où vous devez en placer le centre à chaque extrémité. Prenez une ouverture de compas égale à la moitié du diamètre que l'arbre doit avoir, décrivez un cercle à chaque bout, et dans cette position, *plombez* les lignes verticales passant par chaque centre et celles touchant de chaque côté les deux cercles décrits ; *battez* ensuite avec le *cordeau* des *lignes à la craie*, passant par les extrémités des lignes plombées correspondantes, d'un bout à l'autre de l'arbre, et faites les deux *levées* latérales indiquées par cette opération.

Donnez alors *quartier* à votre arbre, et disposez bien de niveau les faces dressées, pour plomber dans sa position actuelle, comme d'abord, les lignes verticales passant par les centres des bouts de l'arbre et celles touchant latéralement les cercles décrits ; faites les deux nouvelles levées indiquées de cette manière, ce qui rendra votre arbre parfaitement carré. Placez-le alors exactement sur une de ses arêtes, plombez à

chaque bout les lignes nécessaires pour guider les levées à faire sur les coins, afin de le mettre à 8 pans. Cela étant fait, mettez-le à 16 pans, en opérant de la même manière.

Pour couper l'arbre bien carrément et de la longueur qu'il doit avoir, enfoncez une cheville dans le centre de chaque extrémité, prenez une équerre assez grande qui peut être faite au besoin avec deux bouts de planche; placez-la le long d'une arête, sa courte branche appuyant contre le bout de la cheville, et marquez sur l'autre branche de l'équerre le point correspondant à l'endroit où l'arbre doit être coupé. Reportez cette marque sur chaque arête de l'arbre, et en joignant par des lignes droites en travers, les points ainsi obtenus, vous aurez formé le contour suivant lequel l'arbre étant coupé, il le sera aussi carrément que possible.

### Art. 12. — Manière de pratiquer dans l'arbre de la roue les lumières, pour en recevoir les embrassures.

Cherchez le centre de l'arbre sur chacun de ses deux bouts, et servez-vous en pour y tracer des cercles; plombez-y ensuite des lignes verticales passant par les centres et correspondant au milieu de deux des pans ou côtés de l'arbre opposés. Faites *un trait carré* sur ces lignes, et divisez ensuite les angles ou espaces ainsi formés en deux parties égales, par deux autres droites qui seront d'équerre entre elles; de cette manière, vous aurez divisé les cercles tracés en 8 parties égales; et vous pourrez battre avec le cordeau, d'un bout à l'autre de l'arbre et sur chaque pan, une ligne à la craie qui en marquera le milieu. Alors, à $0^m,914$ (3 *ft.*) environ, à partir de l'une des extrémités de l'arbre, marquez l'endroit où le système d'embrassures de la face extérieure de la roue hydraulique doit le traverser, puis la largeur de la roue et enfin la place du second système d'embrassures.

Prenez une règle droite de $3^m,048$ (10 *ft.*) de long, et placez un de ses bouts dans le plan de l'extrémité de l'arbre,

pour relever les marques que vous venez de faire, afin de les reporter ensuite sur les autres arêtes de l'arbre; cela étant terminé, joignez les marques correspondantes par des lignes en travers, tout autour de l'arbre.

Percez alors les trous ou *lumières* qui doivent recevoir les embrassures extérieures de chaque système, en les tenant à peu près de $0^{m},013$ (1,5 *in.*) plus longues qu'elles ne doivent être, afin de ménager de la place pour des clés. Pour cela prenez une ouverture de compas un peu plus grande que la moitié de l'épaisseur des pièces de bois destinées aux embrassures, placez une de ses pointes sur les lignes-milieu des deux entrées opposées de chaque lumière, et faites des marques de part et d'autre avec la pointe de compas libre, pour limiter l'étendue de ces lumières. Tracez de la même manière, et d'équerre sur les précédentes, les entrées des secondes lumières en les tenant plus longues vers l'intérieur de la roue, du quart de l'épaisseur des embrassures. Remarquez bien de quel côté vous devez tourner les entailles de celles-ci, soit à droite soit à gauche, afin de placer comme il faut les troisièmes lumières; sans cela il est possible qu'elles ne fussent pas bien. Ces lumières doivent avoir moitié plus de longueur vers l'intérieur de la roue, c'est-à-dire dans le sens de la longueur de l'arbre, que l'épaisseur des embrassures ne paraît l'exiger. Les quatrièmes et dernières lumières doivent être plus longues dans le même sens, des trois quarts de l'épaisseur des embrassures. L'intérieur de toutes ces lumières doit être plutôt concave que convexe, afin que les embrassures puissent y être facilement introduites et s'y bien placer.

Si le grand rouet ne doit avoir que trois rais doubles pour embrassures, il n'y en aura qu'une qui puisse passer sur le milieu d'un des côtés de l'arbre de la roue, puisque celui-ci est à 8 pans.

Ainsi, pour préparer les lumières, décrivez de nouveau sur chaque bout de l'arbre des cercles que vous diviserez facilement en six parties égales, sans changer l'ouverture de compas, et à partir de l'une des anciennes lignes de division en 8

parties. Tracez alors les diamètres passant par les points de division actuels, et battez entre ceux qui se correspondent, d'un bout à l'autre de l'arbre, des lignes à la craie, qui marqueront les milieux des lumières, lesquelles doivent être préparées comme celles de la roue ; en remarquant de quel côté les embrassures se recouvrent et faisant deux d'entre elles un tiers plus longues que l'épaisseur des rais, l'une d'un côté et l'autre de l'autre du milieu des embrassures.

Si le grand rouet ne doit avoir que deux embrassures, ce qui est assez quand le nombre de ses dents n'excède pas 60, elles pourront passer évidemment à travers les milieux des côtés que l'arbre soit à 12 ou à 16 pans. Une des lumières doit être alors moitié plus longue que l'épaisseur des rais, afin que la première embrassure étant placée on puisse introduire la seconde.

### Art. 13. — Manière de garnir les arbres de leurs tourillons.

Décrivez un cercle sur chaque bout de l'arbre pour indiquer la place des frettes extrêmes, et à la distance de $0^m,762$ (2,5 *ft.*) de chaque extrémité, pratiquez tout autour de l'arbre une gorge cylindrique de $0^m,013$ ( 0,5 *in.* ) de profondeur. Tracez autour de l'axe de l'arbre des carrés de la dimension des tourillons près du collet; placez ces tourillons en long sur le milieu des bouts d'un pan de l'arbre parallèle aux carrés, faites des traits tout contre pour indiquer la place des entrées latérales des mortaises que vous ouvrirez ensuite vers l'axe, de manière que les tourillons y étant descendus se trouvent centrés à $0^m,003$ ( 0,135 *in.*) près.

Arrondissez les bouts de l'arbre de manière à pouvoir y placer les frettes. Préparez trois clés de bon bois de chêne blanc, pour remplir chaque mortaise, par-dessus les flancs des tourillons; afin de les y consolider. Les clés qui sont contre les tourillons doivent avoir $0^m,096$ (3,75 *in.*) d'épaisseur à leur extrémité intérieure, et $0^m,038$ ( 1,5 *in.*) à leur extrémité extérieure. Les clés ou coins de serrage doivent avoir

$0^m,076$ (3 *in.*) à la tête et $0^m,152$ (6 *in.*) de plus de longueur que les mortaises, afin qu'on puisse en affleurer la tête si elle s'écrase en les enfonçant; les clés près des frettes doivent être assez épaisses pour saillir de $0^m,013$ (0,5 *in.*) au dessus du pan de l'arbre, quand les trois sont en place.

Cela étant, ôtez toutes les clés, et mettez les frettes à leurs places; ayez une douzaine de coins de fer d'à peu près $0^m,102$ (4 *in.*) de longueur, de $0^m,051$ (2 *in.*) de largeur, et $0^m,008$ (0,33 *in.*) d'épaisseur à la tête et pas trop effilés, si ce n'est à l'extrémité sur la face qui sera tournée vers le bois et sur une longueur de $0^m,013$ (0,5 *in.*); enfoncez-les à force de chaque côté des tourillons à une distance convenable. Replacez alors les clés et introduisez sous chaque frette, entre elle et la clé voisine, une pièce de fer de $0^m,152$ (6 *in.*) de longueur, de $0^m,013$ (0,5 *in.*) d'épaisseur au milieu et amincie aux extrémités.

Graissez ensuite les coins de serrage avec du suif et faites-les entrer de force à l'aide d'un *marteau à devant*, après quoi enfoncez de chaque côté des tourillons un coin de $0^m,127$ (5 *in.*) de longueur, de $0^m,013$ (0,5 *in.*) d'épaisseur et de la largeur du tourillon, affleurez les coins de serrage et l'opération sera terminée.

### ART. 14. — DES ROUES DENTÉES.

**Les grandes roues dentées de champ demandent trois *embrassures* ou rais doubles, si le nombre de dents surpasse 54; s'il est moindre, deux embrassures suffisent. On voit dans la table III, exemple 4, que le grand rouet doit avoir 69 dents de $0^m,114$ (4,5 *in.*) de denture à la circonférence, que le diamètre de son cercle primitif est de $2^m,496$ (8 *ft.* 2,33 *in.*) et celui de l'extérieur du *chanteau* ou jante de $2^m,701$ (8 *ft.* 10,33 *in*). Un tel rouet doit être construit avec trois embrassures de $2^m,743$ (9 *ft.*) de long et de $0^m,356$ sur $0^m,096$ (14 *in.* sur 3,75 *in.*) d'équarrissage; 12 parties ou segmens de chanteau de $1^m,981$ (6,5 *ft.*) de longueur, et de $0^m,406$ (16 *in.*)**

sur $0^m$,102 (4 *in.*) d'équarrissage. Voyez-en la représentation par la *fig.* 90.

Pour assembler ce rouet, apprêtez et joignez ensemble les embrassures comme on l'a expliqué art. 10, en parlant des roues hydrauliques et ainsi qu'il est représenté par la *fig.* 95; observez seulement qu'il faut qu'à leur réunion dans l'arbre chaque embrassure y conserve le tiers de son épaisseur. Il faut encore assembler celles-ci entre elles, de manière à ce que leurs directions se rapportent bien à celles des lumières ouvertes dans l'arbre. On réussit à cela en mettant un bout de planche dans la lumière du milieu, pour représenter l'embrassure, et sur lequel on marque dans quels endroits elle doit être entaillé pour recevoir les autres embrassures; appliquez alors la planche sur l'embrassure du milieu et reportez-y les traits pour les suivre.

Les embrassures étant placées sur un billot comme on l'a enseigné à l'article 10, tracez-y des lignes qui se dirigent vers le centre, dans l'étendue de $0^m$,610 (2 *ft.*) à partir des bouts; mesurez sur le compas à verge la moitié du diamètre du rouet, pour tracer les bords circulaires des chanteaux de derrière, auxquels il faut donner la même largeur au milieu; apprêtez-les et tournez en dehors leurs surfaces les plus propres. Décrivez sur les embrassures des arcs de cercle avec un diamètre plus grand de $0^m$,013 (0,5 *in.*) que celui du rouet, couchez par-dessus, et contre ces arcs de cercle, trois parties de chanteau appuyant par leurs extrémités. Placez les trois autres parties de chanteau par-dessus, de manière à ce qu'elles se croisent également les unes sur les autres; tracez-les en-dessous et au-dessus, et trusquinez-les toutes pour les assembler à recouvrement à l'extérieur. Apprêtez-les, réunissez-les bien jointives, et clouez-les ensemble avec des pointes de $0^m$,025 (1 *in.*) le long de leur joints intérieurs, et vous aurez ainsi formé la moitié du rouet représenté par la figure 94.

Elevez le centre au niveau de cette moitié; décrivez un cercle près du bord extérieur du chanteau, et cherchez-y le point

milieu de l'un de ses segmens ; alors, avec l'ouverture de compas qui a décrit le cercle et à partir du point trouvé, faites six pas sur le cercle et les endroits où tomberont les pointes du compas montreront le milieu de tous les segmens de chanteau, où les embrassures doivent être assemblées. Par chacun de ces points, tracez des lignes dirigées vers le centre; décrivez ensuite un autre cercle passant exactement aux angles intérieurs de la partie postérieure de chanteau assemblée, pour indiquer la position des angles de la partie antérieure, et un second cercle distant d'environ $0^m,064$ (2,5 *in.*) du chanteau de la rive intérieure de l'endroit le plus large des segmens, pour indiquer l'arasement de l'assemblage des embrassures. Placez alors par dessus trois des segmens antérieurs en disposant leur endroit le plus large sur la partie la plus étroite des segmens postérieurs, et en faisant passer leurs rives intérieures par les points où le cercle tracé coupe les lignes dirigées vers le centre.

Sciez les extrémités des segmens et ajustez-les sur place ; faites-en autant des segmens restans, afin de les assembler tous ensemble, pour les clouer sur la partie postérieure de chanteau, avec des clous de $0^m,025$ ( 1 *in.* ) enfoncés à la distance de $0^m,051$ ( 2 *in.* ) des rives intérieures, et de $0^m,229$ ( 9 *in.* ) des extrémités.

Elevez le point de centre au niveau de la surface du chanteau ; rabotez un peu les inégalités de celle-ci, et décrivez-y le cercle primitif de l'engrenage : puis tracez un autre cercle à $0^m,102$ ( 4 *in.* ) en-dedans pour indiquer la largeur de la surface à dresser. Décrivez encore un troisième cercle au ras du second et tout le long duquel vous enfoncerez un ciseau à la profondeur de $0^m,013$ ( 0,5 *in.* ). Tracez des lignes dans le milieu de l'épaisseur des rives des recouvremens supérieurs des segmens, et taillez dans le massif du bois pour en bien dresser la surface.

Divisez le cercle primitif en 69 parties égales, à partir d'un des joints des segmens, ce qui conduira à une *denture, pas* ou écartement des milieux des dents, égal à $0^m,114$ (4,5 *in.*); par tous

les points de division, tracez des lignes droites dirigées vers le centre. Décrivez deux autres cercles, un de chaque côté et à la distance de $0^m$,063 (2,5 *in.*) du précédent, et enfoncez des clous d'épingle à tous les points où ces cercles couperont les lignes droites tracées. Reconnaissez la partie la plus basse sur la face du rouet, et mettez le centre de niveau avec elle; amenez ensuite au niveau de ce centre les points du chanteau situés sur le diamètre perpendiculaire à celui qui est déjà horizontal, et guidez-vous sur les quatre parties de chanteau de niveau entre elles, pour finir d'en bien dresser la face.

Décrivez de nouveau le cercle primitif de l'engrenage et redivisez-le avec soin; décrivez ensuite de chaque côté, à $0^m$,025 (1 *in.*) de distance, des cercles pour limiter l'étendue des trous ou *lumières* qui doivent recevoir les queues des dents. Décrivez encore deux autres cercles pour dresser l'extérieur du chanteau et le bord intérieur de sa face. Décrivez enfin un cercle de $0^m$,051 (2 *in.*) de diamètre autour du centre de chaque dent, et de chaque côté de ces cercles tracez des lignes dirigées vers le centre du rouet, pour limiter les lumières des dents; ouvrez ces lumières dans la moitié de l'épaisseur du rouet; retournez ensuite celui-ci pour achever de les ouvrir. Laissant les embrassures dessous, décrivez un cercle sur leur côté antérieur, avec un diamètre égal à celui du cercle qui a été tracé sur la partie postérieure du chanteau pour marquer l'arasement de l'assemblage. Donnez sur les endroits marqués des embrassures un trait de scie de $0^m$,114 (4,5 *in.*) de profondeur, pour réduire d'autant leur épaisseur aux bouts; entaillez de $0^m$,032 (1,25 *in.*) le derrière du rouet, aux endroits convenables pour recevoir les embrassures que vous y enfoncerez de force, et dans chaque bout desquelles vous percerez un trou de $0^m$,038 (1,5 *in.*) pour les boulonner au chanteau.

Décrivez actuellement sur le milieu des embrassures un cercle d'un diamètre moindre de $0^m$,025 (1 *in.*) que le diamètre de l'arbre du rouet; faites deux clés de $0^m$,203 (8 *in.*) de longueur, de $0^m$,038 (1,5 *in.*) d'épaisseur, de $0^m$,096 (3,75 *in.*)

de largeur à un bout, et de 0m,063 (2,5 *in.*) de largeur à l'autre, destinées à remplir le jeu des lumières extrêmes de l'arbre, qui restera lorsque les embrassures y seront assemblées pour mettre le grand rouet en place.

ART. 15. — DES COUSSINETS, DES CHAISES ET DES CHEVETSIERS DE L'ARBRE TOURNANT.

Ces diverses parties des moulins sont représentées en élévation dans les *fig.* 97 à 110, sous les arbres *A*.

Leur plan est tracé dans la *fig.* 107, où sont exprimées les clés des *chaises* *C*, *C*, aux bouts de l'arbre *A* de la roue hydraulique *H*. Ces chaises sont posées sur des *chevetsiers* $C'$, $C'$, $C_{\prime}$, $C_{\prime}$, et ceux-ci sur des *semelles* *S*, *S*. Ces semelles sont ordinairement des pièces de charpente ayant 0m,305 (12 *in.*) d'équarrissage; fixées sur la maçonnerie aussi solidement que possible, deux à chaque bout en travers de l'arbre tournant, et à la distance de 0m,610 à 0m,914 (2 à 3 *ft.*) l'une de l'autre. Placez par-dessus deux chevetsiers $C'C'$ en bois de 1m,524 (5 *ft.*) de longueur, et 0m,178 (7 *in.*) d'équarrissage, distans l'un de l'autre d'environ 0m,914 (3 *ft.*), et logés dans des entailles pratiquées à la surface supérieure des semelles.

Placez maintenant en travers et par-dessus, les chaises *C*, *C*, en bois de 1m,524 (5 *ft.*) de longueur, de 0m,356 (14 *in.*) d'épaisseur, sur 0m,305 (12 *in.*) de largeur; faites-leur des épaulemens en contre-bas et en queue d'aronde entre les chevetsiers, pour recevoir des clés destinées à les faire mouvoir dans le sens de leur longueur. Ménagez des entailles dans les chevetsiers, avec de la place pour mettre des clés destinées à mouvoir les chaises de côté et à les maintenir en place; les extrémités de l'arbre tournant *A* sont placées en surplomb de 0m,051 (2 *in.*) sur les chaises, afin de rapprocher la charge du milieu de celles-ci.

Munissez-vous de deux pierres de $0^m,127$ à $0^m,152$ (5 ou 6 *in.*) en carré, très-dures et d'un grain transparent ou brillant, pour faire tourner les tourillons par-dessus et servir ainsi de *coussinets;* entaillez-les en *c*, *c*, dans les chaises; posez le chanteau du grand rouet dans l'endroit du moulin où il doit tourner; mettez alors l'arbre en place sur les coussinets; passez les embrassures du grand rouet dans l'arbre, serrez-les bien dans leurs lumières et boulonnez-les avec le chanteau.

Centrez le rouet, d'abord à l'aide des clés, pour le faire tourner bien rond; puis, à l'aide des coins de côté, pour en bien dégauchir la face antérieure; tournez ce rouet, tracez-y deux cercles, un de chaque côté des lumières des dents, et à $0^m,023$ (0,5 *in.*) de distance, pour déterminer la position des panneaux de tête des dents.

### ART. 16. — DES DENTS DES ROUES D'ENGRENAGE, DE L'ÉPOQUE A LAQUELLE IL FAUT ABATTRE LE BOIS DONT ON VEUT LES FAIRE, ET MANIÈRE DE LE SÉCHER.

On doit débiter les bois dont on veut faire les dents ou *alluchons*, en morceaux de $0^m,356$ (14 *in.*) de longueur et de $0^m,083$ (3,25 *in.*) d'équarrissage, au moment où la sève travaille le plus, et un an au moins avant de les employer, afin qu'ils puissent sécher sans se fendre. Si le chêne blanc et tous autres bois sont abattus quand l'écorce est établie, ils se mangent aux vers et se fendent si on les fait sécher trop vite. Pour éviter cela, il faut les faire bouillir dans de l'eau et les sécher lentement, ou bien les laisser tremper dans l'eau pendant un an; un séjour de 20 ans dans de l'eau vive ne leur ferait pas de mal. Quand on les retire de l'eau, on devrait les mettre dans l'intérieur d'une meule de foin, où ils sécheraient sans se fendre, mais cela demanderait souvent beaucoup trop de temps.

J'ai employé la manière suivante de sécher les dents dans l'espace de quelques jours, sans que pour cela elles se fendent; je

place les dents en tas et de champ, dans un four à sécher et torréfier le malt, dont la sole est formée de lattes espacées de $0^m,051$ (2 *in.*); je les recouvre d'un tissu de crin, j'allume en-dessous un feu de bois dont la fumée sèche les dents en les empêchant de se fendre. Quelques personnes opèrent le séchage des dents dans un four de boulanger, ce qui les détériore. Des planches et des morceaux de bois valent toujours mieux lorsqu'on les sèche dans un four à malt, couvert de manière à y concentrer la fumée. Si vous n'avez pas un tel four à votre disposition, creusez dans le flanc d'un monticule une fosse de $1^m,829$ (6 *ft.*) de profondeur, et de $1^m,524$ ou $1^m,829$ (5 ou 6 *ft*) de largeur; dressez un poteau dans chaque angle pour recevoir des traverses sur lesquelles vous placerez des lattes de champ; rangez alors les dents, debout, les unes sur les autres, dans une situation presque verticale, et de manière à ce que la fumée puisse passer librement au travers de leurs intervalles; couvrez le tout légèrement avec des planches et de la terre; allumez par dessous un peu de feu; bouchez les côtés de la fosse; renouvelez le feu une fois par jour, pendant 12 ou 15 jours, et les dents sècheront sans se fendre.

### Art. 17. — Manière de tailler, de poser et de finir les dents.

Dressez un des côtés du cœur qui servira de panneau de tête; taillez un patron pour donner $0^m,102$ (3 *in.*) de longueur à la dent et $1^m,254$ (10 *in.*) à la queue; $0^m,051$ (2 *in.*) de large au pied de la dent, et $0^m,044$ (1,7 *in.*) au bout. Placez ce patron sur le côté du bois que vous avez dressé, et décalquez-en le pourtour. Donnez des traits de scie le long des côtés de la queue et des épaulemens de la tête de la dent, et finissez-en les côtés. Découpez alors un autre patron pour tracer le côté de la queue seulement, et terminez les quatrièmes pans de la quene et de la tête de la dent qui doivent s'affleurer sans épaulement. Ayez grand soin, lorsque vous finissez les dents, de ne ne pas en

frapper l'épaulement avec la hachette ; si cela arrivait, la dent se fendrait dans cet endroit en séchant. Ajustez et enfoncez les dents extrêmement jointives dans les lumières, et les épaulemens en avant quand elles travaillent.

Lorsque toutes les dents sont placées, fixez solidement deux morceaux de bois pour servir d'appui à un outil pointu, l'un devant les dents et l'autre contre leur panneau de tête. Tenez l'outil bien ferme sur ce dernier appui et décrivez, en tournant le rouet, un cercle limitant la saillie des dents à $0^m$,085 ( 3,5 *in.* ); sciez ces dents contre le trait et rapprochez l'appui de devant pour tracer le cercle primitif sur leur extrémité, en faisant tourner le rouet.

Décrivez un autre cercle à $0^m$,006 ( 0,25 *in.* ) en dehors, pour recevoir la pointe fixe du compas, lorsque vous décrirez les lignes destinées à indiquer la forme des flancs des dents ; puis encore un autre cercle de chaque côté pour limiter la largeur de ces dernières. Cherchez ensuite le point milieu des dents, en divisant en autant de parties égales le cercle primitif tracé ; de manière à ce que ce cercle étant parcouru d'une dent à l'autre avec le compas, vous retombiez dans le point d'où vous étiez parti. Décrivez un arc de cercle de même rayon sur une surface plane quelconque, afin d'y rapporter la division pour conserver le pas ou denture en cas de besoin. Les points de division des dents doivent correspondre le mieux possible, au milieu de leur panneau extérieur. En tout cas, reconnaissez la dent du flanc postérieur de laquelle le point de division se rapproche le plus ; prenez avec un compas la corde de l'arc de cercle qui les sépare, pointez le flanc postérieur de toutes les dents sur le cercle tracé à $0^m$,006 ( 0,25 *in.* ) en dehors du cercle primitif, et à partir de ces derniers points marquez l'épaisseur des dents, qui dans ce cas, doit être de $0^m$,029 ( 1,125 *in.* ).

Décrivez actuellement les lignes qui doivent indiquer la forme à donner aux flancs antérieur et postérieur des dents. Pour cela, placez une des pointes du compas sur le point en

arrière d'une des dents et sur le cercle tracé pour cet objet, et avec sa distance au point le plus en avant de la dent qui la précède, décrivez sur le sommet de cette dent, l'arc de cercle sortie de son flanc antérieur; de même, la pointe du compas étant posée sur le point le plus en avant d'une dent, tracez avec l'autre pointe un arc de cercle passant par le point le plus en arrière de la dent qui la suit, pour indiquer sur son sommet, la sortie de son flanc postérieur. Taillez les flancs comme les lignes circulaires tracées indiquent de le faire, en ménageant toutefois $0^m,003$ (0,125 *in.*) de cône par $0^m,025$ (1 *in.*) de saillie; vérifiez les dents avec une jauge, pour les faire toutes pareilles, abattez un peu leurs arêtes, et ces dents seront finies.

## Art 18. — Du petit rouet et de son arbre.

La manière de construire ces deux parties du mécanisme d'un double engrenage est analogue à celle suivie pour faire le grand rouet. Les dimensions du petit rouet sont fournies par les tables; dans la même table III, exemple 7, ce rouet doit avoir 52 dents de $0^m,108$ (4,25 *in.*) de pas ou denture, le diamètre du cercle primitif doit être de $1^m,786$ (5 *ft.* 10,33 *in.*) et le chanteau du rouet doit avoir $1^m,981$ (6,5 *ft.*) de dehors en dehors.

On lui donnera deux embrassures de cette longueur et de $0^m,279$ (11 *in.*) de large, sur $0^m,083$ (3,25 *in.*) d'épaisseur; 8 segmens de chanteau de $1^m,676$ (5,5 *ft.*) de long sur 0,432, (17 *in.*) de large, et $0^m,089$ (3,5 *in.*) d'épaisseur. Il sera ainsi assemblé comme la *fig.* 91 le montre.

Dressez l'arbre sur une longueur de $2^m,438$ (8 *ft.*) à $0^m,356$ (14 *in.*) d'équarrissage; décrivez sur chaque extrémité un cercle de diamètre égal à cet équarrissage; tracez par le centre de chaque cercle deux lignes d'équerre entre elles et parallèles aux côtés ou pans de l'arbre, et divisez chaque quart de cercle en deux parties égales. Par tous les points de division, conduisez des lignes dirigées vers le centre, et battez en-

suite avec le cordeau, sur les pans de l'arbre, des lignes à la craie passant par les extrémités des lignes correspondantes que vous venez de tracer, et ces lignes à la craie vous indiqueront tout le bois qu'il faudra abattre, pour mettre l'arbre à huit pans. Cela fait, pratiquez les lumières pour les embrassures, enfoncez les frettes et fixez les tourillons de la même manière que pour l'arbre tournant.

### Art. 19. — Manière de faire les lanternes.

La grande lanterne du moulin, relatif à l'exemple 4 de la table III, doit avoir 26 fuseaux de $0^m$,114 (4,5 *in.*) de pas ou denture; le diamètre de son cercle primitif doit être de $0^m$,946 (3 *ft.* 1,25 *in*), et celui de ses tourteaux de $1^m$,028 (3 *ft.* 4,25 *in.*); ceux-ci doivent avoir $0^m$,089 (3,5 *in.*) d'épaisseur et être construits avec deux morceaux de doublette superposés en croisant le fil du bois. Ayez des frettes de fer de $0^m$,076 (3 *in.*) de large sur $0^m$,004 (0,176 *in.*) d'épaisseur, bien rondes; et pour donner aux tourteaux le diamètre convenable à ces frettes, parcourez avec un compas l'intérieur de celles-ci, de manière à le partager en six parties égales, et servez-vous de l'ouverture de compas ainsi obtenue, comme rayon, pour tracer le bord de ces tourteaux; ajoutez néanmoins $0^m$,002 au rayon du bord de la face extérieure des tourteaux, pour donner du serrage à d'aussi grandes frettes. Pour mettre celles-ci en place, chauffez-les tout autour avec un feu de copeaux, ce qui, en dilatant le fer, les agrandit sensiblement; mettez-les sur les tourteaux pendant qu'elles sont chaudes, et refroidissez-les ensuite avec de l'eau pour les empêcher de brûler le bois; mais ayez soin de les mouiller peu à peu, dans la crainte qu'elles ne se cassent. On emploie le même procédé pour garnir de frettes toute sorte de tourteaux.

Après les avoir frettés, dressez proprement la surface des tourteaux; tracez-y le cercle primitif de l'engrenage pour une denture égale à celle du rouet et divisez-le exactement; percez

les trous ou lumières pour recevoir les bouts des fuseaux, avec une tarière de $0^m,038$ ( 1,5 *in.*) au moins ; faites les fuseaux du meilleur bois, et donnez-leur $0^m,060$ (2,375 *in.* ) de diamètre, et $0^m,279$ ( 11 *in.* ) de long entre les portées ou épaulemens ; les tenons auront $0^m,102$ ( 4 *in.* ) de longueur, et ne devront s'ajuster avec beaucoup de force que sur une étendue de $0^m,025$ (1 *in.*) à partir de l'épaulement. Les fuseaux étant assemblés, ouvrez au milieu des tourteaux des trous d'une grandeur et d'une forme telle, qu'ils puissent donner passage à l'arbre sur lequel les lanternes doivent être montées ; pratiquez une entaille dans le milieu de chaque pan de ces trous, pour recevoir des clés destinées à assujettir la lanterne invariablement en place sur son arbre. Quand tous les fuseaux sont enfoncés dans les tourteaux jusqu'aux épaulemens, il faut bien observer s'ils les rencontrent bien d'équerre ; dans les cas où cela n'aurait pas lieu, il faudrait enfoncer par dehors, dans chaque tourteau et du côté des tenons convenable, des coins dont l'effort bien combiné suffirait pour redresser les fuseaux de la lanterne.

## Art. 20. — Manière d'établir les chaises et de mettre les rouets en place.

Le chevetsier *s*, *fig.* 107, au bout intérieur de l'arbre de chaque lanterne du grand rouet, est supporté par le prolongement de l'une des chaises *C'*, du bout intérieur de l'arbre tournant *A*, du moulin.

Les chaises intérieures *C'*, *C'*, sont des pièces de bois de $1^m,829$ (6 *ft.*) de longueur, et de $0^m,381$ ( 15 *in.*) d'épaisseur; leurs bouts extérieurs sont embreuvés de $0^m,025$ ( 1 *in.*) dans la face supérieure de la semelle du beffroi, laquelle désaffleure de $0^m,038$ (1,5 *in.*) le plancher du moulin. Les extrémités intérieures de ces chaises sont solidement assemblées à tenons et mortaises, sur de forts poteaux de $0^m,356$ (14 *in.*) d'équarrissage, ayant de $3^m,656$ à $4^m,267$ ( 12 à 14 *ft.*) de hauteur et s'élevant près du grand rouet, debout sur une semelle par-

ticulière couchée dans le fond de la fosse de ce grand rouet.

Ces chevetsiers *s,s*, doivent pouvoir glisser à volonté sur les chaises, pour qu'à l'aide d'un lévier on puisse dégrener au besoin les lanternes *L,L'*, d'avec le grand rouet *R*.

Les chevetsiers *s',s'*, de l'autre bout de l'arbre de la lanterne ont $0^m,610$ ( 2 *ft.* ) de long sur $0^m,152$ ( 6 *in.* ) d'équarrissage; ils sont garnis comme les précédentes d'un coussinet de pierre *c'* pour recevoir le tourillon de l'arbre, et sont embreuvés dans les semelles du bout du beffroi, qui leur servent de chaises.

Mettez les axes des petits arbres *A'* de niveau avec celui de l'arbre tournant *A*, et de manière à ce que les fuseaux des lanternes *L'* s'engagent des deux tiers de leur grosseur dans les dents du grand rouet *R*. Les arbres *A'* étant en place, arrêtez-y les lanternes *L'* dans la position convenable, après avoir vérifié la régularité de l'écartement de leurs fuseaux dans l'endroit où se fait l'engrenage.

Construisez les petites lanternes *l,l'*, de la même manière que les lanternes *L,L'*, du grand rouet, et telles qu'elles sont représentées en particulier par la *fig.* 93.

### Art. 21. — Manière de placer l'anille a suspension.

Placez l'anille à suspension exactement dans le milieu de l'œillard de la meule; pour y arriver, enfoncez un morceau de bois entre ses bras, et par suite de plusieurs essais faits dans des directions opposées, déterminez-y la position exacte du centre. Alors faites une marque particulière sur un tracelet, et avec celui-ci faites-en d'autres correspondantes sur la meule, et à l'aide desquelles vous pourrez centrer l'anille sur celle-ci. Suivez alors avec une pointe appuyée sur la meule les contours des bouts de l'anille, et puis avec une *pique* et un *ciseau* pratiquez des entailles ou *engravures* dans la pierre, à la profondeur convenable, en vérifiant à l'aide de marques particulières faites exprès, si vous ne vous excentrez pas.

L'anille étant mise en place, enfoncez sa traverse sur le gros fer de la meule ; renversez celui-ci le pied en haut ; tenez-le d'aplomb dans l'anille et mettez alors la traverse dans la position qu'elle doit avoir relativement à l'anille, suivant qu'elle est faite avec deux ou quatre cornes ; le collet ou fusée du gros fer étant exactement dans le centre de la meule, tracez sur celle-ci, en passant une pointe autour des bouts de la traverse, le contour des entailles à faire pour la recevoir. Les entailles étant faites, il faudra remettre le gros fer de la meule dans la position indiquée, pour vérifier si rien ne gêne la traverse qu'on y aura enfilée.

Construisez alors un curseur qui puisse vous servir de guide pour placer le gros fer bien d'équerre sur la meule ; pour cela, ouvrez une entaille latérale vers un des bouts d'un morceau de planche, pour l'accrocher sur le pied du gros fer actuellement en haut, par une petite cheville qui, passant à côté de l'entaille, entre dans le trou pratiqué dans le pied du fer pour recevoir le pivot d'acier ; l'autre extrémité de la planche doit pouvoir alors atteindre le bord de la meule. Cela étant, prenez un autre morceau de planche, faites à une de ses extrémités une entaille demi-circulaire qui s'ajuste bien sur la fusée du gros fer, et attachez fixement l'autre extrémité avec le bout inférieur du premier morceau de planche, de manière à ce que le tout puisse pivoter et avoisiner en tournant la surface de la meule. Fixez alors à l'extrémité du morceau de bois de niveau un fragment du canon d'une plume, dont l'élasticité permettra au curseur qu'il termine, de toucher en tournant la feuillure de la meule.

Faites de petits coins et enfoncez-les derrière les bouts de la traverse de l'anille, pour maintenir ceux-ci à la fois contre les côtés des entailles sur lesquels cette traverse doit s'appuyer quand le moulin travaillera, et maintenez le papillon du fer dans le trou de l'anille. Tournez doucement le curseur, remarquez le premier endroit où le brin de plume touche la pierre et rectifiez les côtés des entailles sur lesquels la traverse s'appuie, jus-

qu'à ce qu'en faisant tourner le curseur, le brin de plume touche également partout la feuillure de la meule. Ces entailles doivent donner en outre la liberté d'écarter le fer de tous côtés de sa position d'équerre, de manière à pouvoir éloigner le bout du curseur à 0m,025 (1 *in.*) de tous les points de la feuillure de la meule, afin que celle-ci puisse osciller d'autant pendant le travail du moulage. L'anille et la traverse doivent être en retrait de 0m,019 (0,75 *in.*) de la surface de la meule. Fixez enfin la lanterne très-solidement sur le gros fer, après l'y avoir très-exactement centrée, et mettez le tout en place pour l'engrener avec le petit rouet du moulin.

### Art. 22. — Manière de disposer le gros fer.

Construisez un petit curseur avec une latte de 0m,076 (3 *in.*) de largeur à une extrémité, et 0m,025 (1 *in.*) à l'autre; faites une entaille dans l'extrémité la plus large, et placez-la sur le sommet ou papillon du gros fer; adaptez un brin de plume sur l'extrémité mince, pour jouer autour de la feuillure de la meule gisante; alors, tandis que quelqu'un tourne la lanterne, observez l'endroit où la plume touche d'abord, et repoussez le pied du gros fer dans la direction de la partie touchée par la plume, en chassant convenablement les coins de règlement du palier; opérez ainsi jusqu'à ce que le brin de plume touche également tout le tour de la feuillure.

Renfermez la meule avec soin, dans une archure qui en soit partout distante de 0m,051 (2 *in.*).

### Art. 23. — De la grue et de la trempure.

Établissez une grue pour enlever et replacer la meule courante à l'aide d'une vis *v*, d'un écrou mobile *e* et d'un arc ou demi-cercle *a* en fer; telle qu'elle est représentée par la *fig.* 87. Placez le montant *m* hors du passage, autant que possible; donnez-lui 0m,229 (9 *in.*) sur 0m,152 (6 *in.*) au milieu; le bras *b*, doit avoir

0m,229 (9 *in.*) sur 0m,152 (6 *in.*), et l'arc-boutant *g* 0m,152 (6 *in.*) sur 0m,102 (4 *in.*). Percez dans le bras *b* un trou d'aplomb, qui puisse être amené juste au-dessus du gros fer de la meule, pour y passer la vis *v*. Placez à demeure une platine de fer sur le bras de la grue et sous l'écrou *e*. La longueur de la partie filletée de la vis doit être plus grande que la moitié du diamètre de la meule, le reste doit s'étendre 0m,254 (10 *in.*) plus bas; l'arc *a* ne doit toucher la meule qu'aux extrémités *c*, *d*, d'un même diamètre, il doit pouvoir la laisser passer dans son envergure afin qu'il soit possible de la renverser dans toutes les positions. Les goujons qui servent de pivot à la meule sur les bouts de l'arc, doivent avoir 0m,178 (7 *in.*) de longueur et 0m,026 (1,125 *in.*) de grosseur; l'arc doit avoir 0m,063 (2,5 *in.*) de largeur au milieu, et 0m,044 (1,75 *in.*) de largeur aux extrémités; tout cela doit être construit avec le meilleur fer; car si quelque chose cassait, on courrait un grand danger. Les trous pratiqués dans la meule pour recevoir les goujons, doivent être plus voisins de la face supérieure de la meule que de celle qui opère la mouture. Pour replacer la meule courante soulevez-la à l'aide de la grue, de la vis et de l'arc dont celle-ci est munie, tournez-la de manière à ce que les engravures correspondent bien à la position de l'anille, et descendez-la doucement pour la mettre en place sur le gros fer.

La *trempure t*, *fig.* 109, est un levier à l'aide duquel on peut soulever ou *alléger* la meule courante et la baisser ou *attérer*; il doit avoir 0m,089 (3,5 *in.*) sur 0m,063 (2,5 *in.*) au gros bout, et 0m,051 (2 *in.*) d'équarrissage au petit bout, est celui-ci terminé par une saillie située à l'extrémité de sa face supérieure; ouvrez une lumière à travers le gros bout pour donner passage à l'*épée* en fer *e*, dont le pied entre dans une mortaise de 0m,102 (4 *in.*) de profondeur, faite vers l'extrémité de la *braye b*, à laquelle elle est attachée avec une broche. L'épée est une barre de fer unie, qui peut avoir 0m,051 (2 *in.*) de largeur sur 0m,013 (0,5 *in.*) d'épaisseur; elle est percée d'un trou à l'extrémité

inférieure, et de 4 ou 5 autres trous disposés en zig-zag vers l'extrémité supérieure. La trempure est placée en avant du beffroi à une hauteur convenable pour qu'on puisse l'élever ou la baisser à volonté. On suspend à son bout mince, par une courroie que l'on passe trois ou quatre fois autour, un poids de 1 k., 803 (4 *lb.*), vers l'autre extrémité la trempure est supportée par un appui qui la maintient par-dessous à sa place.

Faites mouvoir la trempure de haut en bas, et observez si la meule courante s'élève et retombe bien parallèlement à la meule gisante; si cela a lieu, donnez un peu d'eau à la roue hydraulique pour faire tourner la meule doucement; regardez alors si tout est bien, et dans ce cas, livrez à la roue assez d'eau pour faire tourner la meule modérément et en *ribler* la surface pendant quelques minutes.

## Art. 24. — Sur la manière de faire les archures des meules.

Prenez une planche de sapin blanc ou de peuplier, plus longue de 0m,203 (8 *in.*), que le tour de la meule et assez large pour s'élever, en étant posée de champ, à 0m,851 (2 *in.*) plus haut que le dessus de la meule courante. Rabottez-la bien proprement, et reduisez-la à 0m,025 (1 *in.*) d'épaisseur. Trusquinez-en les rives à partir de la face extérieure, pour tracer un trait qui en soit distant de 0m,004 (0,167 *in.*); divisez sa longueur en 52 parties égales, pour marquer la place d'autant de traits de scie qu'il faudra donner carrément sur la face intérieure, jusqu'à la profondeur de la ligne trusquinée. Prenez alors un bout de planche d'égale largeur, et de 0m,305 (1 *ft.*) de long, clouez-la par moitié sur un des bouts et à l'extérieur de l'archure; immergez-la dans l'eau pendant un ou deux jours, ou arrosez-la à l'extérieur durant une ou deux heures avec de l'eau bouillante, pour la ramollir. Courbez-la alors en rond jusqu'à ce que ses extrémités se touchent, et clouez celle qui reste libre, sur la moitié du bout de planche

déjà fixé avec l'autre extrémité. Placez alors des bâtons en travers intérieurement et dans toutes les directions nécessaires pour faire sortir les parties qui ne sont pas assez courbées, et de manière à rendre l'archure parfaitement cylindrique.

Pour faire le couvercle de l'archure, tel qu'on le voit représenté en *a* et *a' fig.* 110; ayez 8 morceaux de planche terminés et joints comme les lignes pleines l'indiquent et se recouvrant successivement l'un l'autre ainsi que le montrent les lignes ponctuées, exprimant les parties recouvertes. Pour la facilité de la construction, dessinez sur le plancher le trait ou *épure* de cet assemblage, et découpez une des parties du couvercle qui vous servira à tracer les sept autres. Rabottez et finissez tous les recouvremens, ajustez-les et clouez le tout ensemble en le plaçant sur l'épure tracée par terre; clouez ensuite le couvercle ainsi obtenu sur l'archure, coiffez-en la meule et faites au bas les traits nécessaires pour bien l'ajuster sur le plancher du beffroi.

ART. 25. — MANIÈRE DE MOUDRE DU SABLE POUR AIGUISER LES MEULES.

**Placez des planches sur l'ouverture du couvercle de l'archure pour empêcher la poussière de se répandre dans le moulin, versez doucement du sable propre, sec et anguleux, dans l'œillard de la meule que vous ferez tourner avec une vitesse modérée, et continuez à moudre ainsi pendant une ou deux heures. Alors séparez les meules, balayez-les proprement, et repiquez-en les endroits durs et polis, remettez les meules en place et moulez encore du sable comme auparavant; relevez encore la meule courante; ayez une règle à rougir, de la longueur de son diamètre et de 0m,076 (3 *in.*) sur 0,063 (2,5 *in.*), frottez-en une rive avec de la couleur rouge, délayée dans de l'eau, et faites-la glisser dans toutes les directions, sur la surface des meules; le rouge passera sur toutes les parties trop saillantes et dures, qui doivent être repiquées jusqu'à ce que la meule *gisante* soit rendue**

parfaitement plane et la meule *courante* un peu concave ou *flanière*, d'à peu près 0m,004 (0,167 *in.*) à l'œillard, en diminuant graduellement jusqu'à 0m,203 (8 *in.*) du bord, à peu près. Si les meules sont compactes et présentent beaucoup de surface plane, la feuillure suivant laquelle elles se touchent, ne doit pas s'étendre aussi loin que si elles sont très-poreuses et n'offrent que peu de surface plane ; la détermination de la largeur de la feuillure doit être laissée au ju ment du constructeur de moulins et du meunier.

### Art. 26. — Manière de former les sillons dans les meules.

Si les meules ont 1m,524 (5 *ft.*) de diamètre, divisez-en le bord en 16 parties égales ou compartimens ; si elles ont 1m,829 (6 *ft.*) de diamètre, 18 compartimens suffiront et seulement 20 si elles n'ont que 2m,134 (7 *ft.*) de diamètre. Faites deux règles de bois, l'une de 0m,025 (1 *in.*) et l'autre 0m,051 (2 *in.*) de largeur ; placez-vous vis-à-vis l'œillard de la meule ; et si en travaillant, celle-ci doit tourner à droite, posez un bout d'une des rives d'une règle sur l'un des points de division en compartimens et l'autre bout vers la gauche, tout contre le bord de l'œillard ; tracez alors le long de la règle, avec une pointe d'acier, une ligne droite pour indiquer la position d'un des sillons principaux. Tracez la position de tous les autres de la même manière dans les deux meules, car lorsque leurs surfaces sont juxtaposées, leurs sillons respectifs doivent se croiser comme des forces disposées de la meilleure manière possible pour tondre le drap.

N'ayant pas moins de six bons marteaux, commencez à piquer les bords tracés de tous les sillons principaux ; donnez peu de profondeur à celui de leurs bouts qui est plus voisin du bord de la meule et augmentez cette profondeur à mesure que ce sillon approche davantage de l'œillard. L'autre bord des sillons doit avoir moitié moins de profondeur : c'est lui qui,

pendant le mouvement de la meule courante, marche le dernier; je le nommerai arrière-bord.

Quand tous les sillons principaux sont terminés, placez la large règle de bois contre les arrière-bords de tous les sillons, et marquez l'étendue des parties planes qui réunissent celles qui séparent les sillons plus courts. Placez ensuite la même règle contre l'autre bord des sillons principaux, et marquez les parties planes qui les suivent. Posez alors la règle étroite au-delà et marquez les places des sillons qui suivent les sillons principaux et les parties planes qui viennent ensuite, et continuez de même tant que cela est nécessaire, en observant qu'il ne faut pas anticiper sur les parties planes qui réunissent les intervalles des sillons courts, mais qu'il faut au contraire les laisser régner entre les sillons principaux et les sillons courts des compartimens voisins. Si les meules sont compactes, tracez-en les sillons et les intervalles plans avec la règle étroite.

La fusée du gros fer ne doit pas être trop serrée par les coins de la boîte; afin que celle-ci ne se détache pas en brûlant, mettez un collier autour de la fusée du fer, et placez par-dessous un morceau de vieux bas, renfermant du suif roulé à la grosseur d'un doigt, attaché avec des clous ou cousu bien serré autour. Enfilez un morceau de cuir roide, de $0^{m},152$ (6 *in.*) de diamètre à peu près, sur le papillon, par-dessous la traverse de l'anille pour tourner avec le gros fer et rejeter le grain loin de la fusée. Graissez celle-ci avec du suif chaque fois que vous releverez la meule courante.

Remettez à bas la meule, égalisez-en bien le dos avec du plâtre et moulez du sable. Arrêtez le moulin, soulevez un peu la meule et équilibrez-la exactement en mettant des poids sur le côté le plus léger; prenez ensuite un poids égal de plomb, faites le fondre et coulez-le dans un trou fait à l'endroit trop léger dans le plâtre, plus grand au fond pour retenir le métal. Relevez encore la meule courante, passez la règle à rougir sur les meules, et si leurs surfaces ont la forme convenable, donnez-leur une légère façon et remettez-les en place pour leur faire moudre du grain.

## ART. 27. — MANIÈRE DE CONSTRUIRE LA TRÉMIE, L'AUGET ET LE FRAYON.

Les dimensions ordinaires de la *trémie* d'un moulin sont, pour l'ouverture supérieure $1^m,219$ (4 *ft.*) en carré, pour la profondeur, $0^m,610$ (2 *ft.*), pour le trou du fond $0^m,076$ (3 *in.*) en carré; ce trou doit pouvoir être diminué à volonté au moyen d'un tiroir à coulisse, situé au bas du panneau antérieur de la trémie.

L'*auget* doit avoir $0^m,254$ (10 *in.*) de longueur et $0^m,127$ (5 *in.*) de largeur dans le fond; il faut le faire de bon bois de chêne; les côtés auront de $0^m,178$ à $0^m,203$ (7 ou 8 *in.*) de profondeur par-derrière, et $0^m,076$ (3 *in.*) par-devant; ils seront plus longs que le fond par-devant. L'auget sera plus évasé que la trémie par-derrière, afin qu'on puisse lui donner $0,^m076$ à $0^m,102$ (3 ou 4 *in.*) de pente en avant. Le devant de l'auget est suspendu à un cordon appelé *baille-blé*, qui passe sur l'extrémité avancée du *trémion* ou cadre sur lequel on pose la trémie et s'enveloppe autour d'une cheville fichée dans le devant du trémion, et que l'on tourne à la main.

Le *frayon* est un morceau de bois travaillé au tour; il a à peu près $0^m,508$ (20 *in.*) de longueur, $0^m,089$ (3,5 *in.*) de diamètre au milieu, endroit par lequel il choque l'auget, et diminue graduellement jusqu'au haut où il n'a plus que $0^m,038$ (1,5 *in.*) de grosseur. L'extrémité inférieure est garnie d'une frette et d'une fourchette de fer dont la queue y est enfoncée; cette fourchette s'étend au-dessus de l'anille et s'ajuste dans des entailles ménagées de chaque côté de celle-ci, pour la recevoir dans le prolongement de la direction du gros fer, avec lequel elle tourne. L'extrémité supérieure du frayon se loge dans un trou percé dans un petit collier de bois, fixé d'équerre sur le devant du trémion. Dans la partie large du frayon, vis-à-vis l'auget, on place six *targettes* ou frappeurs de fer de $0^m,178$ (7 *in.*) de longueur et de $0^m,013$ (0,5 *in.*) de diamètre, ayant

un retour d'équerre à chaque bout, que l'on enfonce dans le bois ; ces targettes frappent successivement l'auget, le secouent, et par là forcent le grain à tomber régulièrement dans les meules.

Vous pouvez maintenant verser du grain dans la trémie, donner de l'eau à la roue hydraulique et régler l'alimentation des meules en tournant la cheville du baille-blé, jusqu'à ce que le courant de grain qui tombe dans l'œillard de la meule soit proportionné à la grandeur de celle-ci, ou à la force du moulin.

Ici finit le travail du constructeur de moulins pour ce qui a trait au moulage, dont le meunier est spécialement chargé.

### Art. 28. — Des blutoirs et de leurs huches.

Les blutoirs et leurs huches sont de différentes longueurs, suivant l'usage auquel on les destine. Les huches des blutoirs des campagnes ont ordinairement $3^{m}$,048 (10 *ft.*) de longueur, $0^{m}$,914 (3 *ft.*) de largeur et $2^{m}$,235 (7 *ft.*, 4 *in.*) de hauteur ; un montant en occupe chaque angle, et le fond est situé à a $0^{m}$,610 (2 *ft.*) au-dessus du plancher. L'angle intérieur et inférieur de derrière est garni avec une planche de $0,^{m}457$ (18 *in.*) de largeur placée en pente pour rejeter la farine vers le devant de la huche, et en faciliter l'extraction. La porte est de toute la longueur de la huche et a $0^{m}$,610 (2 *ft.*) de largeur ; la planche du bas du devant, au-dessous de la porte, a $0^{m}$,406 (16 *in.*) de largeur.

L'arbre en bois du blutoir rotatif doit avoir la même longueur que la huche, il doit être taillé à six pans, présenter $0^{m}$,102 (4 *in.*) de grosseur ; et être garni à ses deux bouts de frettes, dont l'une a $0^{m}$,096 (3,75 *in.*) et l'autre $0^{m}$,083 (3,25 *in.*) Les goujons de $0,^{m}330$ (13 *in.*) de longueur et de $0^{m}$,022 (0,875 *in.*) de grosseur, doivent être enfoncés de $0^{m}$,203 (8 *in.*) dans l'arbre, et arrondis sur une longueur de $0^{m}$,063 (2,5 *in.*) aux collets. Ces goujons seront terminés par un tenon de jonction à l'arbre qui doit leur donner le mouvement, à l'aide d'une

Digitized by Google

douille ou main. Les six pièces de bois ou encoignures placées en long pour maintenir la toile en travers auront $0^m,038$ (1,5 *in.*) de large et $0^m,129$ (1,125 *in.*) d'épaisseur; elles seront plus courtes que l'arbre intérieur de $0^m,013$ (0,5 *in.*) à la queue et de $0^m,038$ (1,5 *in.*) à la tête du blutoir, afin qu'il reste assez de place pour l'introduction de la farine à la tête du blutoir, et pour la sortie du son à la queue. Il faut encore quatre assortimens de bras, c'est-à-dire 12 embrassures de $0^m,038$ (1,5 *in.*) de largeur, $0^m,016$ ($0^m,625$ *in.*) d'épaisseur.

Le diamètre extérieur du cylindre est égal au tiers du double de la largeur de la toile dont on veut le former. Un disque fait avec de la planche de $0^m,025$ (1 *in.*), d'un diamètre égal à l'arasement extérieur des encoignures du cylindre, évidé au milieu pour ne présenter que (4,5 *in.*) de largeur, mesurée du dehors vers le centre, doit être fixé à la tête du blutoir, pour empêcher qu'il n'en tombe de la farine non encore blutée. Fixez à la queue du blutoir un cercle de $0^m,114$ (4,5 *in.*) de largeur sur 0,006 (0,25 *in.*) d'épaisseur, auquel vous attacherez la toile dont deux largeurs seront cousues ensemble pour embrasser le tour du cylindre. Cousez une bande de linge très-fort, de $0^m,178$ (7 *in.*) de largeur à la tête, et une de $0^m,127$ (5 *in.*) à la queue de la toile, pour servir à l'attacher au cylindre. Collez une bande de linge, de papier doux, ou mieux de cuir de chamois, de $0^m,038$ (1,5 *in.*) de largeur sur chaque encoignure pour l'empêcher d'érailler la toile du blutoir. Placez alors celle-ci sur la carcasse du cylindre, et cousez-la ou clouez-la d'abord à la queue; tendez-la ensuite en long, autant qu'elle pourra le supporter. Il suffit de $5^m,486$ (6 *yards.*) de toile, pour couvrir un blutoir de $3^m,048$ (10 *ft.*) de longueur.

Les blutoirs pour les moulins destinés au commerce sont ordinairement plus longs que pour les moulins des campagnes, ou moulant au détail; toutes les parties doivent en être plus fortes en proportion; ils sont meilleurs quand ils ont été disposés pour recevoir les toiles de la plus grande largeur. Les douilles ou mains de jonction de leur tête à l'arbre de couche qui



Digitized by Google

les met en mouvement, doivent être beaucoup plus robustes, étant sujettes à s'user et très-difficiles à réparer. La trémie du blutoir est établie à travers le plancher au-dessus de la huche; elle doit avoir l'ouverture supérieure de $0^m$,308 (12 *in.*) en carré, et le fond de 0,254 (10 *in.*), le côté antérieur s'arrête à $0^m$,127 (5 *in.*) et le côté postérieur, à $0^m$,178 (7 *in*) du dessus de la huche.

L'auget ou sabot a $0^m$,061 (2 *ft.*) de longueur au bas des côtés, et est évasé par derrière à la demande de la trémie; il faut le placer en pente de manière qu'il soit $0^m$,102 (4 *in.*) plus haut par derrière que par devant; le fond a $0^m$,432 (17 *in.*) de longueur et $0^m$,254 (10 *in.*) de large. Il faut river une tige de fer sous l'extrémité antérieure de l'auget, et la faire frapper par le haut d'une roue fixée sur la douille ou main de jonction voisine de la tête de la huche. Cette roue ou hérisson a $0^m$,254 (10 *in.*) de diamètre et $0^m$,051 (2 *in.*) d'épaisseur. Six échancrures demi-circulaires sont pratiquées autour de sa circonférence, qui présente par suite autant de cames, qui, en tournant, frappent contre la tige de fer et soulèvent l'auget de $0^m$,006 (0,25 *in.*) à chaque choc, d'où résulte un trémoussement qui fait tomber avec la régularité la farine dans le blutoir.

## Art. 29. — Comment il faut placer les blutoirs pour les faire mouvoir par la roue hydraulique.

Quand on veut faire mouvoir les blutoirs par le moyen de la roue hydraulique, il faut les placer et s'y prendre de la manière suivante. Faites un pont ou palier de $0^m$,152 (6 *in.*) sur $0^m$102 (4 *in.*) de grosseur et plus long de $0^m$,102 (4 *in.*) que la distance des poteaux qui, près du grand rouet, supportent les chaises $C_1$, $C_j$, *fig.* 107, décrites à l'article 20. Placez-le sur des tasseaux fixés à ces poteaux, à $0^m$,254 (10 *in.*) au-dessous des dents supérieures du grand rouet, et en avant de celles-ci, de manière que son milieu s'en éloigne de la moitié du diamètre

d'un petit hérisson *g*, *fig.* 107, de 16 ou 18 dents pouvant engrener avec les dents du grand rouet *R*. Posez sur ce pont la crapaudine du pivot d'un arbre vertical, portant le petit hérisson mentionné ; fixez un collier aux solives du 2[me] étage pour recevoir l'extrémité supérieure de cet arbre, sur laquelle vous arrêterez la roue d'engrenage *g' fig.* 110. Adaptez encore aux solives du 2[me] étage, près du coin du bâtiment occupé par les blutoirs, un support pour poser le pivot du petit arbre vertical qui doit être placé dans cet endroit, pour communiquer le mouvement aux blutoirs *B''*, *B'''*; et un collier aux solives du 3[me] étage, pour maintenir l'extrémité supérieure dudit petit arbre vertical. Fixez aussi des supports pour soutenir les petits arbres de couche aboutissant aux têtes des blutoirs, et de manière à ce que les axes de ces arbres concourent en un point unique. Dressez encore un poteau, dans l'angle du bâtiment occupé par les blutoirs, pour recevoir le goujon du long arbre horizontal ou de couche *o*, *o*, *fig.* 110. Quand les positions de tous ces colliers et supports sont déterminées, mesurez la longueur de chaque arbre et réglez-en les grosseurs de la manière suivante.

L'arbre vertical aura $0^m,140$ (5, 5 *in*) de gros pour les moulins ordinaires; mais pour les moulins destinés au commerce, munis d'élévateurs d'*Evans*, etc., donnez à cet arbre une grosseur de $0^m152$ à $0^m,178$ (6 à 7 *in.*). Le grand arbre de couche *oo*, et tous les autres auront $0^m,127$ (5 *in.*) de diamètre; placez une chaise dans son milieu pour le consolider. Taillez les arbres à huit ou seize pans, excepté là où les roues doivent être placées, endroits qu'il faut faire bien carrés. Frettez les extrémités de ces arbres ; enfoncez-y les goujons ou tourillons, et présentez-les en place afin de réperer les endroits sur lesquels les roues doivent y être fixées.

## Art. 30. — Manière de construire les engrenages des blutoirs.

Construisez le hérisson *g fig.* 107, pour le bas du premier arbre vertical avec de la *membrure* de $0^m,114$ (4, 5 *in.*); le pas ou denture des dents aura la même grandeur que dans le grand rouet *R*, avec lequel ce hérisson doit engrener. Garnissez chaque côté des dents avec une frette de fer de $0^m,019$ (0,75 *in.*) de large; mettez une rivure entre chaque dent, pour empêcher que la roue ne se fende. Pour déterminer les proportions des engrenages, c'est-à-dire les nombres de dents dont il faut garnir les roues, afin de donner aux cilindres des blutoirs le mouvement convenable, voici la manière ordinaire d'opérer. Le hérisson *g* étant mis en place, et les meules moulant avec une bonne vitesse de rotation, comptez d'abord le nombre de révolutions que l'arbre vertical fait par minute; comparez ensuite ce nombre avec 36, qui est le nombre de tours qu'un blutoir doit ordinairement effectuer par minute. Si, par exemple, l'arbre vertical fait un sixième plus de tours que 30, mettez dans la première roue *menante* un sixième moins de dents que dans la roue *menée*; ainsi, pour le cas supposé, 15 dents dans la roue menante et 18 dans la roue menée conduiront au mouvement voulu. Mais si la différence de vitesse considérée est plus grande, si elle est de moitié, par exemple, il faut qu'il y ait encore une différence dans les nombres des dents de la paire de roues d'engrenage suivante. Observez que, si le mouvement de l'arbre vertical est plus rapide que celui dont l'arbre du blutoir doit être animé, la roue menante doit être moindre en proportion que sa roue menée; mais s'il est au contraire plus lent, alors la roue menante doit être plus grande aussi en proportion.

Ordinairement les roues des blutoirs portent de 14 à 20 dents; si elles en avaient moins que 14, les supports des arbres en seraient trop voisins. Ces roues doivent être construites

avec des *madriers* d'au moins $0^m,076$ (3 *in.*) d'épaisseur et de la largeur du diamètre qu'elles doivent avoir, si cela est possible; il faut les entourer de frettes presqu'aussi larges qu'elles sont épaisses, faites en fer de $0^m,003$ (0,125 *in.*) d'épaisseur. Quelques personnes construisent ces roues avec de la *doublette* de $0^m,051$ (2 *in.*) d'épaisseur, qu'ils superposent en croisant le fil du bois, sans garnitures de frettes : mais ce moyen de construction n'est pas économique; car de telles roues sont sujettes à se casser après peu d'années de service. Pour mettre les frettes sur ces roues, voyez l'art. 19, et pour trouver le diamètre de leurs cercles primitifs, voyez l'art. 9. Ces roues ont en général $0^m,051$ (2 *in.*) de plus de diamètre que le cercle primitif, si elles sont garnies de frettes; dans le cas contraire, elles doivent être plus grandes encore. La denture de ces roues doit être proportionnée à la résistance que celles-ci ont à vaincre. Pour tourner 1 ou 2 blutoirs, il suffit qu'elle ait $0^m,063$ (2, 5 *in.*); s'il y avait plus de blutoirs à mettre en mouvement, il faudrait donner $0^m,070$ (2, 75 *in.*) à cette denture; et enfin si les roues devaient faire un fort ouvrage, la denture ne devrait pas avoir moins de $0^m,076$ (3 *in.*). Les dents auront toujours pour épaisseur la moitié de la denture, et leurs queues seront entrées à force dans des *lumières* ou trous percés avec une tarière de $0^m,025$ (1 *in.*) de diamètre.

Quand les trous par lesquels les roues doivent être assemblées sur leurs arbres sont terminés, ainsi que les entailles pour les clavettes de serrage, on enfonce les dents dans ces roues, et on les y consolide en fichant une broche dans leur queue derrière la roue; puis on rogne ces queues si cela est nécessaire, pour en réduire la saillie à $0^m,013$ (0,5 *in.*)

Fixez les roues sur leurs arbres de manière à ce qu'elles engrennent à une profondeur convenable, à peu près aux deux tiers de l'épaisseur des dents; vérifiez avec une jauge si toutes les dents embrassent des distances égales; cela fait, veillez à ce que tous les supports soient bien solides, montez les arbres en place, et donnez-leur le mouvement en les met-

25.

tant en communication avec la roue hydraulique. Les blutoirs devront tourner de manière à projeter la farine sur le derrière de la huche, parce qu'alors elle en contiendra davantage et il s'en perdra moins quand on ouvrira la porte.

### Art. 31 — Des cribles rotatifs.

Les *cribles rotatifs* ou cilindriques, mis en mouvement par le moyen du moteur hydraulique, sont principalement employés pour nétoyer le grain dans les moulins pour le commerce; il en existe de diverses constructions;

1° Ceux qui n'ont qu'une seule chemise de toile métallique embrassant une spirale ou *hélice* intérieure;

2° Ceux qui sont formés de deux chemises; celle de l'intérieur est clouée sur six encoignures longitudinales, et la chemise extérieure est fixée à une hélire, qui serpente entre les deux chemises;

3° Ceux enfin qui n'ont qu'une chemise sans hélice.

Les cribles de la première espèce ne réussissent bien que dans certains cas, parce qu'ils doivent faire plusieurs tours avant que le blé puisse en sortir. Les mêmes grains restent en-dessous pendant une grande partie du trajet, ce qui fait que le criblage est moins efficace que si les positions de ces grains de blé pouvaient varier par l'action même de la machine.

Les cribles de la seconde espèce sont préférables, parce que, pouvant être plus courts, ils prennent moins de place; mais ils sont plus difficiles à nétoyer.

Les cribles de la troisième espèce ont l'avantage suivant: on peut y faire séjourner le grain plus ou moins long-temps, à volonté, en élevant ou en baissant leur extrémité inférieure; le blé y est aussi plus remué; mais ils doivent avoir plus d'étendue. On leur donne ordinairement 2m,743 ou 3m048 (9 ou 10 *ft.*) de longueur et 0m,712 (2 *ft.* 4 *in.*) de diamètre, s'ils doivent entretenir deux ou trois paires de meules; pour fournir à un plus grand nombre, il faut les faire plus grands à

proportion ; il en existe qui peuvent nétoyer le blé pour le service de six paires de meules. Ils sont faits à six pans, maintenus par six encoignures posées à plat, dont les arêtes extérieures sont abattues pour présenter une face de $0^m,006$ ( 0,25 *in.* ) ; les arêtes intérieures sont entièrement enlevées, et la toile métallique est attachée avec des clous d'épingle.

Les cribles rotatifs sont ordinairement mus par le même arbre vertical qui fait tourner les bluttoirs, au moyen d'une roue dont l'extrémité supérieure de cet arbre est munie. Cette roue *g' fig.* 110 a deux garnitures de dents; celle qui est dirigée en contre-bas engrenne dans le haut d'une roue *u* fixée sur un des bouts d'un petit arbre horizontal *o'* portant deux poulies vers l'autre extrémité. L'une de ces poulies *q* a $0^m,610$ (24 *in.*) de diamètre, et fait mouvoir avec rapidité un ventilateur *V* ; l'autre poulie *q'* a $0^m,203$ ( 8 *in.* ) de diamètre, et reçoit une courroie qui se rend sur une poulie *j'* de $0^m,610$ ( 24 *in.* ) de diamètre, fixée sur un bout de l'arbre du crible rotatif *N*, dont la vitesse de rotation est ainsi réduite à 15 révolutions à peu près par minute. Ces dispositions représentées dans la figure, conviennent pour de petits moulins; mais dans les moulins en gros perfectionnés, munis d'élévateurs, etc., lorsque les cribles rotatifs ont à nétoyer du blé pour 2, 3 ou 4 paires de meules, ils doivent être mus à l'aide d'engrenages.

## Art. 32. — Des tarares.

Le ventilateur ou *tarare* hollandais est très-utile pour chasser la poussière et autres corps légers qui se trouvent mêlés dans le blé. Il en existe de plusieurs espèces; ceux qui ne vannent le blé que lorsqu'il tombe du crible rotatif, ont des ailes d'à peu près $0^m,381$ ( 15 *in.* ) de longueur, et $0^m,356$ (14 *in.*) de largeur, et ne sont pas munis de cribles particuliers.

Pour donner le mouvement à un ventilateur de cette espèce, fixez sur son arbre une poulie de $0^m,178$ ( 7 *in.* ) de diamètre, pour recevoir une courroie passant aussi autour

d'une autre poulie de $0^m$,610 (24 *in.*) de diamètre, portée par l'arbre qui fait mouvoir les cribles rotatifs, afin de lui procurer une grande vitesse de rotation. Quand la courroie se distend, elle glisse un peu sur la petite poulie, et le mouvement du ventilateur en est ralenti; au contraire, lorsqu'elle est bien bandée, le mouvement est rapide; on peut donc se servir de la tension de la courroie pour régler le coup de vent comme on le désire.

Quelques personnes emploient sous le crible rotatif pour le service des moulins du commerce, des tarares hollandais complets, composés d'un ventilateur et d'un crible particulier; et ce tarare complet, seulement pour les moulins des campagnes ou moulant en détail.

Les ailes de ces ventilateurs, lesquels ne diffèrent pas des vans ordinaires des fermiers, ont $0^m$,457 (18 *in.*) de longueur, et $0^m$,508 (20 *in.*) de largeur; mais dans les moulins, ces ventilateurs sont mis en mouvement par une poulie au lieu d'un rouet et d'une lanterne.

## ART. 33. — DES CRIBLES ET TAMIS A SECOUSSES.

Les tamis à secousses sont très-utiles dans les moulins des campagnes, pour tamiser la farine des Indiens et pour la diviser en diverses parties de différens degrés de finesse, si on le désire; ils sont encore employés pour séparer les cosses de la farine de sarrasin, qui couperaient la toile des blutoirs.

Les cribles à secousses sont bons pour ôter la poussière du grain avant le moulage; ils sont quelquefois employés pour nétoyer le blé et les criblures, au lieu des cribles rotatifs.

On donne aux tamis à secousse pour la farine, $1^m$,067 (3,5 *ft.*) de longueur, $0^m$,229 (9 *in.*) de largeur, et $0^m$,089 (3,5 *in.*) de profondeur; tel est celui représenté en *T'*, *fig.* 107. Le tissu en fil de fer a $0^m$,914 (3 *ft.*) de longueur, et $0^m$,203 (8 *in.*) de largeur. En travers le fond, vers la queue, se trouve une planche de $0^m$,152 (6 *in.*) de largeur, au-dessus

de laquelle est cloué ce tissu. En fixant cette planche au-dessous du cadre, on ménage une ouverture au bout de la queue, par où le son puisse tomber dans la boîte *i*, tandis que la farine tombe dans la huche *h'*. Le panneau de tête doit être assez fort pour pouvoir y fixer solidement un gros piston de fer, à travers lequel passe le bout d'un lévier qui secoue le tamis, lévier qui est mis en mouvement de la manière suivante.

Prenez deux morceaux de bois de $0^m,038$ (15 *in.*) de longueur, d'une épaisseur égale à la largeur du gros fer et plus larges de $0^m,038$ (1,5 *in.*); appliquez-les sur les deux faces larges de ce fer, au-dessus de la lanterne et par leur petit côté; arrondissez en demi-cercle leurs arêtes verticales extérieures, et serrez-les contre le gros fer avec une corde mince, mais forte. Ces morceaux de bois ainsi disposés frapperont le lévier pendant le mouvement de la meule, et celui-ci, pouvant osciller autour d'une broche qui passe au travers de son milieu, entraîne le tamis par saccades. Quand le mécanisme du moulin est à gauche du cours d'eau, ce lévier doit toujours être placé en *amont* du gros fer et en *aval* du tamis, et réciproquement; sans cela il attirerait la farine vers la tête de celui-ci, auquel il faut d'ailleurs fixer un ressort destiné à le ramener en sens contraire à celui dans lequel le lévier le pousse. Ce tamis doit être soutenu par des courroies et de manière à pouvoir facilement glisser aussi loin qu'il est nécessaire, sur un rouleau autour duquel la courroie s'enveloppe.

Je terminerai ici mes instructions sur la manière d'établir et mettre en activité le mécanisme complet d'un moulin d'ancienne construction, pouvant travailler en petit pour le commerce, tel enfin qu'il est représenté dans les *fig.* 107, 108, 109 et 110; mais ce mécanisme est bien inférieur à celui représenté par la *fig.* 111, dont ma préface donne l'explication.

Digitized by Google

## Art. 34. — De l'utilité du dessin dans l'établissement des moulins, etc.

Il est des personnes qui regardent les dessins comme des choses inutiles, et ne servant qu'à satisfaire un caprice; mais ce n'est pas sous ce point de vue qu'on doit en apprécier l'utilité; ils donnent en effet l'idée la plus précise, soit des machines existantes, soit de celles à construire. Mes dessins, compris dans les planches, sont tous tracés à l'échelle de 1 pour 96 ( 1/8 d'*in.* pour 1 *ft.* ), afin de les approprier à la grandeur du format; excepté la figure 111 qui est dessinée à l'échelle de 1 pour 48 ( 1/4 d'*in.* pour 1 *ft.* ); échelle dont je recommande l'emploi, afin que la plupart des bâtimens puissent être dessinés sur une feuille de papier ordinaire.

Le grand avantage que l'on trouve à dessiner les moulins avant de les faire construire est de donner une idée plus claire de leur composition qu'il n'est possible de le faire, soit par écrit, soit avec la parole; choses qui peuvent ou n'être pas bien comprises, ou être mal interprétées; tandis qu'un dessin bien fait parle de lui-même à un artiste qui en a la clef. En appliquant le compas sur un dessin et puis sur l'échelle, on trouve la longueur, la largeur et hauteur du bâtiment, comme les dimensions d'une pièce de bois quelconque et la véritable place qu'elle doit occuper.

On peut, d'après un dessin, dresser des états des bois de charpente, des planches, des solives, des lattes, des bardeaux, etc., etc. Il représente chaque roue, chaque arbre et chaque machine, dans les positions que ces objets doivent avoir. Il peut montrer encore si le bâtiment est d'une grandeur suffisante pour contenir tous les ustensiles nécessaires au travail; le propriétaire et le constructeur savent enfin ce qu'ils ont à faire, et le font exécuter gaiement sans crainte d'erreur. Les plans indiquent aux maçons les endroits où ils doivent placer les baies des fenêtres et des portes, les murs de refend, etc. Sans le secours des

dessins on ne travaille qu'avec incertitude; on perd beaucoup de temps, et on commet des erreurs qui font perdre bien de l'argent. J'ai entendu dire à un propriétaire qu'il croyait que son moulin valait 500 livres sterlings de plus, de ce qu'il avait employé un artiste expérimenté pour lui en faire les dessins. Je sais par expérience combien ces derniers sont utiles, tout maître constructeur au moins doit les comprendre.

## Art. 35. — Manière de projeter des moulins et d'en faire les plans.

1° Si c'est sur un emplacement nouveau qu'il faut construire le moulin, examinez le terrain pour déterminer les endroits où doivent en être placés la digue et le bâtiment. Mesurez la hauteur à laquelle la surface de l'eau, à l'endroit de sa dérivation du courant, se trouve au-dessus de l'emplacement que vous aurez choisi pour le bâtiment, et où vous marquerez le niveau de l'eau dans la digue.

2° Partez de l'endroit où le canal de fuite doit déboucher dans la rivière, et nivellez, à compter de la surface de l'eau, le terrain qu'il doit occuper jusqu'au bâtiment. Cotez la profondeur de quelques-uns de ses points dans votre chemin, ce qui sera très-utile pour en diriger le déblai.

Déduisez alors de vos nivellemens la chute totale, et adjugez $0^m,025$ (1 *in.*) par $5^m,029$ (1 *rod.*) pour la pente, tant du canal d'alimentation que du canal de fuite; mais si ceux-ci étaient très-larges, vous pourriez leur donner moins de pente.

Supposons que la chute est de $6^m,629$ (21 *ft.* 9 *in.*); ce qui suffit pour un moulin en-dessus, et que le courant est trop peu volumineux pour un moulin en-dessous; considérez bien la grandeur qu'il convient de donner aux meules; car je ne recommande pas d'appliquer une grande meule à un faible courant, ni une petite meule à un courant qui a de la puissance. Je propose, au contraire, de faire mouvoir des meules de $1^m,219$ (4 *ft.*) de diamètre par les cours d'eau faibles, des meules de $1^m,372$ (4, 5 *ft.*) de diamètre par les cours d'eau de

moyenne force, et des meules de $1^m$,524 ou $1^m$,676 (5 *ft.* ou (5,5 *ft.*) de diamètre par les cours d'eau de grande puissance. Je suppose que vous vous déterminiez pour des meules de $1^m$,219 (4 *ft.*); cherchez dans la $2^{me}$ colonne de la table $1^{re}$ relative à cette grandeur la chute qui approche le plus de la vôtre, et vous la trouverez dans le $7^{me}$ exemple. Le nombre vis à vis dans la colonne 3 exprime la grandeur de la colonne d'écoulement de l'eau motrice, au-dessus de la roue, savoir $0^m$,914 (3 *ft.*); dans la $4^{me}$ colonne, vous verrez le diamètre $5^m$486 (18 *ft.*) de cette roue; dans la $5^{me}$ colonne, sa largeur $0^m$,660 (2 *ft.* 2 *in.*), et à la suite toutes les proportions des engrenages propres à faire effectuer à la meule 106 révolutions par minute.

Ayant déterminé la grandeur des roues d'engrenage, ainsi que celle du bâtiment, fixez la hauteur des étages d'après la dimension des roues et des machines, qu'ils doivent contenir, et le travail qui doit y être fait; dessinez le plan du rez-de-chaussée analogue à celui fig. 107, qui a $9^m$,753 (32 *ft.*) de large sur $16^m$,764 (55 *ft.*) de long, et dont l'article 38 donne la description. Tracez de même les plans des $2^{me}$, $3^{me}$ et $4^{me}$ étages s'ils sont nécessaires, en ayant soin de placer tous les objets de manière qu'ils ne se gênent point mutuellement.

Dessinez une élévation par bout et une élévation latérale, analogues à celles représentées par les figures 108 et 109; rapportez votre projet sur le terrain, et indiquez-y avec des pieux la place que le bâtiment doit occuper.

Il est ordinairement convenable de placer le coin d'un moulin en-dessus, par lequel l'eau y arrive, là où le cours d'eau entre le plus en avant dans le rivage. Mais ne négligez pas d'examiner tout plus d'une fois, afin de voir si les objets sont arrangés pour le mieux; car on fait souvent beaucoup de travail inutile, faute de n'avoir pas mûrement considéré toutes choses, d'avoir placé des bâtimens ou des fondations dans des endroits peu convenables.

Vos dessins arrêtés, vous pouvez vous en servir pour dresser les états des ouvrages en bois de charpente et en fer.

## Art. 36. — État des bois de charpente nécessaires pour un moulin dont le batiment, construit en pierre, a trois étages.

Cet état se rapporte à un moulin semblable à celui représenté par les figures 106, 107, 108 et 109; la largeur du bâtiment est supposée de $9^{m},753$ (32 *ft.*) et sa longueur de $16^{m},764$ (55 *ft.*).

*Pour le premier plancher.*

2 — Poutres, de $8^{m},839$ (29 *ft.*) de long, $0^{m},203$ (8 *in.*) de large et $0^{m},305$ (12 *in.*) d'épaisseur, allant d'un mur à l'autre, pour supporter les solives.

48 — Solives, de $3^{m},048$ (10 *ft.*) de long et $0^{m},102$ (4 *in.*) sur $0^{m},229$ (9 *in.*). Tous ces bois doivent pouvoir résister aux effets de l'humidité.

*Pour le second plancher.*

2 — Poteaux, de $2^{m},743$ (9 *ft.*) de long et de $0^{m},305$ (12 *in.*) d'équarrissage.

2 — Poutres, de $9^{m},144$ (30 *ft.*) de long et $0^{m},356$ (14 *in.*) sur $0^{m},406$ (16 *in.*).

48 — Solives, de $3^{m},048$ (10 *ft.*) de long et $0^{m},102$ (4 *in.*) sur $0^{m},229$ (9 *in.*).

*Pour le plancher de la cage de la roue hydraulique.*

1 — Poutre, de $9^{m},144$ (30 *ft.*) de long et $0^{m},305$ (12 *in.*) sur $0^{m},356$ (14 *in.*), pour supporter une des extrémités des solives.

2 — Poteaux, de 3m,658 (12 *ft.*) de long sur 0m,305 (12 *in.*) d'équarrissage, pour supporter cette poutre.

16 — Solives, de 3m,962 (13 *ft.*) de long et 0m,102 (4 *in*) sur 0m,229 (9 *in.*). Cette charpente doit être en entier en bon chêne blanc, ou en tout autre bois capable de résister aux effets de l'humidité.

*Pour le troisième plancher.*

4 — Poteaux, de 2m,743 (9 *ft.*) de long et 0m,305 (12 *in.*) d'équarrissage, pour supporter les poutres.

2 — Poteaux, de 2m,134 (7 *ft.*) de long et 0m,305 (12 *in.*) d'équarrissage, s'élevant sur la cage de la roue hydraulique.

2 — Poutres, de 16m,154 (53 *ft.*) de long et 0m,356 (14 *in.*) sur 0m,406 (16 *in.*).

90 — Solives, de 3m,048 (10 *ft.*) de long et 0m,102 (4 *in.*) sur 0m,229 (9 *in.*).

*Pour le quatrième plancher.*

6 — Poteaux, de 4m,438 (8 *ft.*) de long et 0m,254 (10 *in.*), pour supporter les poutres,

2 — Poutres, de 16m,154 (53 *ft.*) de long et 0m,330 (13 *in.*) sur 0m,381 (15 *in.*).

30 — Solives, de 3m,048 (10 *ft.*) de long et 0m,102 (4 *in.*) sur 0m,203 (8 *in.*), pour la travée du milieu.

60 — Solives de 3m,658 (12 *ft.*) de long et 0m,102 (4 *in.*) 0m,203 (8 *in.*), pour les travées extrêmes. Ces solives se prolongent de 0m,305 (12 *in.*) sur les murs pour recevoir les pieds des chevrons.

2 — Plates-formes, de 16m,459 (54 *ft.*) de long et 0m,076 (3 *in.*) sur 0m,254 (10 *in.*). Elles sont couchées sur le haut des murs pour supporter les bouts des solives.

2 — Sablières, de 16m,764 (55 *ft.*) de long et 0m,076 (3 *in.*) sur 0m,127 (5 *in.*). Elles sont couchées sur les bouts des solives pour recevoir les pieds des chevrons.

*Pour le comble.*

54 — Chevrons, de 6m,705 (22 *ft.*) de long, de 0m,076 (3 *in.*) de large et de 0m,165 (6, 5 *in.*) d'épaisseur au pied, et seulement 0m,114 (4, 5 *in.*) au sommet.

25 — Entraits, de 5m,181 (17 *ft.*) de long et 0m,076 (3 *in.*) sur 0m,178 (7 *in.*).

841, 23 — Mètres courans (27, 60 *ft.*) de lattes.

7000 — Bardeaux.

*Pour les huisseries.*

12 — Poutrelles, de 3m,658 (12 *ft.*) de long sur 0m,152 (6 *in.*) d'équarrissage, pour les chambranles des portes.

36 — Poutrelles, de 2m,438 (8 *ft.*) de long sur 0m,126 (5 *in.*) d'équarrissage, pour les châssis des fenêtres.

*Pour la cage de la roue hydraulique.*

2 — Soles, de 8m,229 (27 *ft.*) de long sur 0m,305 (12 *in.*) d'équarrissage.

1 Sole, de 4m,267 (14 *ft.*) de long sur 0m,305 (12 *in.*) d'équarrissage.

2 — Chaises, de 1m,219 (4 *ft.* 6 *in.*) de long sur 0m,178 (7 *in.*) d'équarrissage.

2 — Chevetsiers, de 1m,524 (5 *ft.*) de long et 0m,305 (12 *in.*) sur 0m,356 (14 *in.*).

4 — Poteaux, de 3m,048 (10 *ft.*) de long sur 0m,203 (8 *in.*) d'équarrissage, pour supporter l'avant-bec et le chenal du moulin.

2 — Chapeaux, de 2m,743 (9 *ft.*) de long et 0m,203 (8 *in.*) sur 0m,254 (10 *in.*).

4 — Poteaux corniers de 1m,524 (5 *ft.*) de long et 0m,102 (4 *in.*) sur 0m,152 (6 *in.*), pour les angles de l'avant-bec.

*Pour le beffroi d'un moulin à une seule roue hydraulique et deux paires de meules.*

2 — Soles de $7^m,315$ (24 *ft.*) de long sur $0^m,305$ (12 *in.*) d'équarrissage.

4 — Poteaux corniers, de $2^m,134$ (7 *ft.*) de long et $0^m,305$ (12 *in.*) sur $0^m,356$ (14 *in.*).

2 — Poteaux de front, de $2^m,438$ (8 *ft.*) de long et $0^m,203$ (8 *in.*) sur $0^m,305$ (12 *in.*).

2 — Poteaux d'exillon, de $2^m,438$ (8 *ft.*) de long et $0^m,254$ (10 *in.*) sur $0^m,305$ (12 *in.*).

2 — Poteaux de derrière, de $2^m,438$ (8 *ft.*) de long sur $0^m,203$ (8 *in.*) d'équarrissage.

2 — Supports des chaises intérieures de l'arbre tournant, de $3^m,658$ (12 *ft*) de hauteur et $0^m,305$ (12 *in.*) sur $0^m,356$ (14 *in.*).

2 — Traverses des soles, de $2^m,743$ (9 *ft.*) de long sur $0^m,305$ (12 *in.*) d'équarrissage, servant de chaises aux arbres des petits rouets du moulin.

2 — Empoutreries, de $7^m,315$ (24 *ft.*) de long sur $0^m,406$ (16 *in.*) d'équarrissage.

2 — Traverses d'empoutreries, de $3^m,200$ (10, 5 *ft.*) de long sur $0^m,254$ (10 *in.*) d'équarrissage.

2 — Braies, de $2^m,591$ (8, 5 *ft.*) de long et $0^m,152$ (6 *in.*) sur $0^m,305$ (12 *in.*)

2 — Paliers, de $2^m,743$ (9 *ft.*) de long sur $0^m,254$ (10 *in.*) d'équarrissage.

4 — Madriers, de $2^m,438$ (8 *ft.*) de long et $0^m,152$ (6 *in.*) sur $0^m,356$ (14 *in.*), pour les enchevétrures des meules.

20 — Madriers, de $2^m,743$ (9 *ft.*) de long et $0^m,102$ (4 *in.*) sur $0^m,381$ (15 *in.*) environ, pour le dessus du beffroi.

2 — Chaises, de $2^m,134$ (7 *ft.*) de long et $0^m,305$ (12 *in.*) sur $0^m,381$ (15 *in.*), communes aux chevetsiers des bouts intérieurs de l'arbre tournant et à ceux des arbres des petits rouets.

*Pour la roue hydraulique et le grand rouet.*

1 — Arbre tournant, de 5$^{m}$,486 ( 18 *ft.* ) de longueur et 0$^{m}$,610 ( 2 *ft.* ) de diamètre.

8 — Embrassures pour la roue hydraulique, de 5$^{m}$,486 ( 18 *ft.* ) de longueur et 0$^{m}$,076 ( 3 *in.* ) sur 0$^{m}$,229 ( 9 *in.* ).

16 — Parties de jantes ou joues, de 2$^{m}$,541 (8,5 *ft.*) de long, 0$^{m}$,051 ( 2 *in.* ) d'épaisseur et 0$^{m}$,203 ( 8 *in.* ) de large.

16 — Doublures de joues, de 2$^{m}$,438 ( 8 *ft.* ) de long, 0$^{m}$,025 ( 1 *in.* ) d'épaisseur, et 0$^{m}$,229 ( 9 *in.* ) de large.

56 — Augets en planche de 0$^{m}$,711 ( 2 *ft.* 4 *in.* ) de long et 0$^{m}$,432 ( 17 *in.* ) de large.

42,67 — Mètres courans ( 140 *ft.* ) de planches, pour garnir l'intérieur de la roue hydraulique.

3 — Embrassures du grand rouet, de 2$^{m}$,743 (9 *ft.*) de long et 0$^{m}$,102 ( 4 *in.* ), sur 0$^{m}$,356 ( 14 *in.* ).

16 — Segmens de chanteau, de 1$^{m}$,829 ( 6 *ft.* ) de long, et 0$^{m}$,102 ( 4 *in.* ) sur 0$^{m}$,432 ( 17 *in.* ).

*Pour les deux petits rouets.*

2 — Arbres, de 2$^{m}$,743 (9 *ft.*) de long, et 0$^{m}$,356 ( 14 *in.*) de diamètre.

4 — Embrassures de, 2$^{m}$,134 ( 7 *ft.* ) de long et 0$^{m}$,089 ( 2,5 *in.* ) sur 0$^{m}$,254 ( 10 *in.* ).

16 — Segmens de chanteau de 1$^{m}$,524 ( 5 *ft.* ) de long et 0$^{m}$,102 ( 4 *in.* ) sur 0$^{m}$,457 ( 18 *in.* ).

*Pour les grandes et petites lanternes.*

18,29 — Mètres courans (60 *ft.* ) de madriers de 0$^{m}$,089 ( 3.5 *in.* ) d'épaisseur.

12,19 — Mètres courans ( 40 *ft.* ) de madriers de 0$^{m}$,076 ( 3 *in.* ) d'épaisseur.

Digitized by Google

*Pour les dents et fuseaux.*

200 — Dents débitées à 0m,356 (14 *in.*) de longueur, sur 0m,076 (3 *in.*) d'équarrissage.

80 — fuseaux débités à 0m,508 (20 *in.*) de longueur, sur 0m,076 (3 *in.*) d'équarrissage.

160 — Dents pour les engrenages des blutoirs, de 0m,178 (7 *in.*) de long sur 0m,044 (1,74 *in.*) d'équarrissage. S'il s'agissait de construire un moulin muni de tous les nouveaux mécanismes, pour manutentionner le grain et la farine, au moyen du moteur hydraulique, il en faudrait un bien plus grand nombre.

*Pour les arbres des blutoirs.*

1 — Arbre vertical, de 4m,267 (16 *ft.*) de long sur 0m,140 (5,5 *in.*) d'équarrissage.

2 — Arbres de couche, de 5m,181 (17 *ft.*) de long sur 0m,127 (5 *in.*) d'équarrissage.

1 — Arbre vertical, de 3m,658 (12 *ft.*) de long sur 0m,127 (5 *in.*) d'équarrissage.

6 — Arbres, de 3m,048 (10 *ft.*) de long sur 0m,102 (4 *in.*) d'équarrissage, pour les cilindres des blutoirs.

### ART. 37. — ÉTAT DES PIÈCES DE FER FORGÉ NÉCESSAIRES POUR UN MOULIN GARNI DE DEUX PAIRES DE MEULES.

Cet état se rapporte au même moulin que l'état des bois de charpente, donné dans l'article précédent.

*Pour le moulin proprement dit.*

2 — Tourillons, entrant de 0m,660 (2 *ft.* 2 *in.*) dans les bouts de l'arbre tournant, et ayant le collet de 0m,114 (4,5 *in.*) de

long et de $0^{m}$,076 (3 *in.*) de diamètre hors de l'arbre ; bien aciérés et de la forme représentée par la fig. 116.

2 — Frettes de $0^{m}$,483 (19 *in.*) de diamètre intérieur, $0^{m}$,019 (0,75 *in.*) d'épaisseur sur $0^{m}$,076 (3 *in.*) de largeur, pour les bouts de l'arbre tournant.

2 — Frettes de $0^{m}$,521 (20,5 *in.*) de diamètre intérieur, $0^{m}$,013 (0,5 *in.*) d'épaisseur sur $0^{m}$,063 (2,5 *in.*) de largeur.

2 — Frettes de $0^{m}$,584 (23 *in.*) de diamètre intérieur, $0^{m}$,013 (0,5 *in.*) d'épaisseur sur $0^{m}$,063 (2,5 *in.*) de largeur.

4 — Tourillons entrant de $0^{m}$,406 (16 *in.*) dans les bouts des arbres des petits rouets, saillant de $0^{m}$,089 (3,5 *in.*) et de $0^{m}$,063 (2,5 *in.*) de diamètre au collet, de la forme représentée fig. 117.

8 — Frettes de $0^{m}$,305 (12 *in.*) de diamètre intérieur, de $0^{m}$,051 (2 *in.*) de large sur $0^{m}$,013 (0,5 *in.*) d'épaisseur, pour lesdits arbres.

4 — Frettes des lanternes du grand rouet, de $0^{m}$,965 (3 *ft.* 2 *in.*) de diamètre intérieur, de $0^{m}$,076 (3 *in.*) de large sur $0^{m}$,006 (0,25 *in.*) d'épaisseur.

4 — Frettes des lanternes des meules, de $0^{m}$,610 (2 *ft.*) de diamètre intérieur, de $0^{m}$,076 (3 *in.*) de large sur $0^{m}$,006 (0,25 *in.*) d'épaisseur.

2 — Arbres ou gros fers des meules, de $1^{m}$,600 (5 *ft.* 3 *in.*) de long, et de $0^{m}$,083 (3,25 *in.*) sur $0^{m}$,051 (2 *in.*) de grosseur dans le corps ; le papillon aura $0^{m}$,178 à $0^{m}$,203 (7 à 8 *in.*) de longueur au-dessus du collet ou fusée, qui aura $0^{m}$,076 (3 *in.*) de longueur et autant de diamètre. Voyez la fig. 112.

2 — Anilles à suspension, disposées pour s'ajuster sur les gros fers et à des meules dont l'œillard aura $0^{m}$,229 (9 *in.*). Voyez le haut de la même figure 112.

2 — Crapaudines des gros fers.

2 — Ferrures de frayon, composées chacune de six targettes ou heurtoirs.

2 — Épées de trempure, de $0^{m}$,914 (3 *ft.*) de long, $0^{m}$,032

( 1,75 *in.* ) de large sur $0^m$,013 ( 0,5 *in.*) d'épaisseur, percées d'un trou à une de leurs extrémités et de cinq ou six à l'autre.

*Pour les blutoirs et la garouenne, mode ordinaire de construction.*

2 — Frettes des roues dentées, de $0^m$,508 ( 20 *in.* ) de diamètre extérieur, de $0^m$,019 ( 0,75 *in.* ) de large, et $0^m$,006 ( 0,25 *in.*) d'épaisseur.

2 — Frettes, de $0^m$,305 ( 12 *in.* ) de diamètre extérieur.

2 — Pivots, de $0^m$,254 (10 *in.*) de long, $0^m$,028 (1,125 *in.*) de grosseur dans la partie carrée, le collet de $0^m$,076 ( 3 *in.* ) pour les arbres verticaux. Voyez la fig. 113.

2 — Crapaudines pour les pivots desdits arbres. Voyez le bas de la même fig. 113.

2 — Frettes desdits arbres, de $0^m$,127 ( 5 *in.* ) de diamètre intérieur, $0^m$,032 ( 1,25 *in.*) de largeur sur $0^m$,032 (1,25 *in.*) d'épaisseur.

2 — Pivots, de $0^m$,229 ( 9 *in.* ) de long à la partie enfoncée dans l'arbre, grosseur $0^m$,028 (1,125 *in.*); le collet de $0^m$,076 ( 3 *in.* ) de longueur.

8 — Frettes de $0^m$,114 ( 4,5 *in.* ) de diamètre intérieur.

1 — Goujon de jonction, de $1^m$,028 (1,125 *in.*) de grosseur, la partie carrée de $0^m$,305 ( 12 *in.* ) de longueur, le collet de $0^m$,102 ( 4 *in.*), le tenon pour entrer dans le trou de la douille à fourchette de $0^m$,038 ( 1,5 *in.*) de grosseur. Voyez le haut de la fig. 115.

14 — Tourillons, dont la partie carrée de $0^m$,203 ( 8 *in.* ) de long, ait $0^m$,025 ( 1 *in.* ) de gros, et les collets $0^m$,063 ( 2,5 *in.* ), pour les petits arbres et pour un des bouts de ceux des blutoirs.

10 — Frettes pour lesdits arbres, de $0^m$,102 (4 *in.*) de diamètre intérieur, et $0^m$,025 ( 1 *in.* ) de large.

4 — Goujons de jonction pour les quatre blutoirs, ayant $0^m$,032 ( 1,25 *in.* ) de grosseur, la partie carrée longue de $0^m$,203 ( 8 *in.* ), le collet de $0^m$,076 (3 *in.*), et le tenon de $0^m$,038 ( 1,5 *in.* ); percés de trous au bout de la partie carrée,

pour recevoir des broches destinées à les empêcher de tourner.

4 — Douilles à fourchette s'ajustant sur lesdits goujons, ayant $0^m$,025 (1 *in.*) de grosseur à l'endroit du trou, et $0^m$,076 (3 *in.*) d'écartement entre les fourchettes, de $0^m$,203 (8 *in.*) de longueur, sur $0^m$,025 (1 *in.*) de grosseur. Voyez le bas de la fig. 115.

8 — Frettes de $0^m$,083 (3,25 *in.*) de diamètre, pour les arbres des blutoirs.

8 — Frettes de $0^m$,102 (4 *in.*) de diamètre pour lesdits.

2 — Tourillons pour la roue de communication, longueur de la partie carrée, $0^m$,229 (9 *in.*), grosseur $0^m$,028 (1,125 *in.*), longueur du collet $0^m$,089 (3,5 *in.*).

2 — Frettes de $0^m$,114 (4,5 *in.*) de diamètre.

2 — Tourillons, longueur de la partie carrée, $0^m$,229 (9 *in.*), grosseur $0^m$,032 (1,25 *in.*), le collet de $0^m$,089 (3,5 *in.*), pour la garouenne.

2 — Frettes de 0,178 (7 *in.*) de diamètre pour la même.

6 — Frettes, de $0^m$,406 (16 *in.*) de diamètre intérieur, $0^m$,057 (2,25 *in.*) de large, et $0^m$,004 (0,167 *in.*) d'épaisseur, pour les têtes des blutoirs.

6 — Frettes de $0^m$,381 (15 *in.*) de diamètre intérieur, pour lesdites.

*N. B.* Tous les tourillons doivent être légèrement amincis; j'ai indiqué leur équarrissage dans l'endroit le plus gros. Les frettes pour les arbres doivent être aussi un peu plus larges du côté de l'entrée, pour qu'il soit plus aisé de les mettre en place; mais celles pour les tourteaux des lanternes doivent être bien cilindriques.

Il faut 6 marteaux à piquer les meules, de $0^m$,203 (8 *in.*) de long sur $0^m$,032 (1,25) de grosseur.

### Art. 38. — Explication des figures.

*Plan du rez-de-chaussée d'un moulin.*

Ce plan est représenté par la figure 107.

*B*,*B'*, sont deux blutoirs renfermés dans leurs huches.

*y*,*z*, roues d'engrenage qui font tourner les blutoirs.

*x*, roue d'engrenage placée au bas d'un petit arbre vertical, et faisant mouvoir les précédentes.

*i*,*i'*, cases où le son doit tomber au sortir des blutoirs.

*J*,*J*,*J*, trois caisses sur l'étage inférieur pour conserver le son.

*K*,*K*,*K*,*K*, poteaux pour supporter les poutres du plancher supérieur du bâtiment.

*n*, porte inférieure près de laquelle on charge les charettes, les chevaux, etc.

*E*, escalier pour monter à l'étage supérieur et sur le beffroi.

*k*, endroit où les barils élévateurs sont placés, quand on les remplit de farine.

*h*,*h'*, les deux huches à farine.

*T'*, tamis pour la farine de maïs et de sarrazin.

$i_{,}$, boîte où le son tombe au sortir de ce tamis *T'*.

*C*,*C*, chevetsiers des deux bouts de l'arbre tournant.

$C'$,$C'$,$C_{,}$,$C_{,,}$ chaises de ces chevetsiers.

*P*,*P*,*P*,*P*, poteaux corniers du beffroi.

*d*,*d*, poteaux antérieurs du beffroi, du côté des braies.

*d'*,*d'*, poteaux de derrière du beffroi.

*Q*,*Q*, poteaux d'exillon du beffroi.

*A*, arbre tournant de la roue hydraulique et du grand rouet.

*L*,*L'*, lanternes engrenant avec le grand rouet *R*.

*A'*,*A'*, arbres desdites lanternes.

*r*,*r'*, petits rouets montés sur ces mêmes arbres.

*R*, grand rouet monté sur l'arbre tournant *A* du moulin.

*l*, lanterne montée sur la meule à moudre en gros.

*l'*, lanterne de la meule qui moud pour les besoins du pays.

*g*, petit hérisson qui communique le mouvement aux blutoirs.

*V*,*V*,*V*,*V*, quatre poteaux qui supportent l'avant-bec et le chenal amenant l'eau sur le haut de la roue hydraulique *H*.

*H*, roue hydraulique en-dessus.

Digitized by Google

*S*, *S*, semelles supportant les extrémités extérieures des chaises $C_{\prime}, C_{\prime}$, du chevetsier *C* du bout de l'arbre tournant.

*n'*, porte de la cage de la roue hydraulique.

*O*, ouverture pratiquée dans le mur du bâtiment, pour donner passage au bout de l'avant-bec.

*F*,*F*, ... fenêtres du rez-de-chaussée.

*Plan du premier étage.*

Ce plan est donné par la figure 110.

$B''$,$B'''$, sont deux blutoirs renfermés dans leurs huches.

$i''$,$i'''$, cases dans lesquelles tombe le son au sortir des blutoirs.

$y'$,$z'$, roues qui font tourner les blutoirs.

*w*, roue sur l'arbre de couche *o*, entre les arbres verticaux.

*x'*, roue sur l'extrémité supérieure de l'arbre vertical.

*K'*,*K'*,*K'*,*K'*, poteaux soutenant les poutres du second étage.

*oo*, arbre de couche entre les deux arbres verticaux.

*J'*,*J'*,*J'*,*J'*,*J'*, cinq greniers pour contenir les parts du meunier.

$n''$ porte dans le côté d'amont du moulin.

*E'*, escalier pour monter au second étage.

*M*, meule courante déposée pour être rhabillée.

*k'*, ouverture dans le plancher, pour donner passage aux barils élévateurs de farine.

*E*, cage de l'escalier montant du rez-de-chaussée.

*M'*, meule de campagne, relevée pour être aiguisée.

*m*, petit marchepied pour descendre du premier étage sur le beffroi.

*G*,*G'*, endroits où les grues doivent être placées.

*o'*, petit arbre de couche garni de la roue *u* et des poulies *q*,*q'*.

*q'*, poulie qui fait tourner le crible rotatif.

*v*, roue fixée sur l'arbre de couche ou horizontal *o'*, qui communique le mouvement aux blutoirs.

*g'*, roue fixée sur l'extrémité supérieure du premier arbre vertical et qui commande la précédente.

*q*, grande poulie qui commande le ventilateur ou tarare.

*j'*, poulie au bout de l'arbre du crible rotatif.

*V*, ventilateur du tarare garni de sa poulie *j*.

*N*, crible rotatif.

*m'*, marchepied pour monter du plancher du beffroi sur celui de la cage de la roue hydraulique.

*X*, petite chambre pour recevoir les issues du crible rotatif.

*X'*, chambre pour recevoir le blé vanné.

*Y*, chambre pour recevoir les criblures.

*Y'*, petite chambre pour étouffer la poussière.

*W*, bout de l'avant-bec qui amène l'eau motrice sur la roue hydraulique *H*.

*D*, bureau ou chambre où le meunier garde ses livres.

*Z*, foyer.

*n'''*, porte à l'extrémité du bâtiment.

*F'*,*F'*, ... dix fenêtres au premier étage, ayant douze carreaux chacune.

*Élévation et coupe longitudinale du moulin.*

La *fig.* 108 représente, partie en élévation, partie en coupe, un moulin à trois étages, bâti en pierre. Une portion du mur est censée enlevée pour laisser voir les meules, les engrenages, etc. Le plancher du rez-de-chaussée est presque de niveau avec les dessus des soles du beffroi et de la cage de la roue hydraulique.

$F_{\prime\prime}$,$F_{\prime\prime}$ fenêtres pour admettre l'air sous le plancher du rez-de-chaussée.

*n*, porte dans la façade d'aval, garnie de quelques marches, ce qui convient mieux pour charger et décharger les voitures.

*O'*, arche au-dessus du canal de fuite et recevant l'eau qui a fait mouvoir la roue.

*A*, arbre tournant, portant la roue hydraulique *H* et le grand rouet *R*.

*r*,*r'*, petits rouets.

*L*, une des lanternes du grand rouet.

*l*, une des lanternes des petits rouets *r*,*r*.

*M*, une des meules.

*T*, une des tremies, sous laquelle on voit l'auget et le frayon.

*h*, une des huches recevant la farine entière, à mesure qu'elle sort d'entre les meules.

*Elévation et coupe transversales du moulin.*

La *fig.* 109 représente, partie en coupe partie en élévation, le bâtiment du moulin, du côté voisin de l'eau ou de la roue hydraulique; on y voit l'épaisseur et la hauteur des murs, les dimensions des bois de charpente. Les positions des croisées, la roue hydraulique, les meules et quelques parties du mécanisme du moulin y sont exprimées, dans leur grandeur et à leurs positions relatives.

*I*,*I*,*I*,*I*, poutres longitudinales, supportant les solives transversales des planchers.

*G''*, garouenne ou arbre horizontal servant à élever les sacs en dehors des deux bouts du bâtiment. Cette partie du mécanisme du moulin est établie au-dessus des entraits du comble, et dans l'aplomb des croisées dont la baie descend jusqu'au plancher dans chaque étage, afin de pouvoir élever, et introduire facilement les sacs dans l'un ou dans l'autre.

D', solives au-dessus de la cage de la roue hydraulique.

*M*,*M'*, meules garnies des gros fers *f*,*f*, sur lesquels elles tournent.

*p*,*p*, paliers dans la position qu'ils occupent sur les braies.

*b*,*b*, braies qui supportent les paliers *p*,*p*.

*t*, *t*, trempures ou léviers, à l'aide desquels on soulève ou on descend plus ou moins les meules courantes sur les meules gissantes.

*H*, roue hydraulique qui met le moulin en mouvement.

*R*, derrière du chanteau du grand rouet.

*V'*, mur élevé entre la roue hydraulique *H* et le grand rouet *R*.

*Détails.*

Les détails indiqués dans les figures 90 à 96 sont dessinés à l'échelle de 1 pour 48 ( 0,25 *in.* pour 1 *ft.*). Voici en quoi ils consistent.

*fig.* 90. — Grand rouet, dont le cercle primitif a $2^m$,498 (8 *ft.* 2,33 *in.*) de diamètre, et dont le chanteau qui a $2^m$,704 (8 *ft.* 10,5 *in.*) de diamètre extérieur, porte 69 dents de $0^m$,114 (4,5 *in.*) de pas ou denture.

*fig.* 91. — Petit rouet, dont le chanteau a 1,981 (6,5 *ft.*) de diamètre extérieur, et porte 52 dents de $0^m$,108 (2,25 *in.*) de denture distribuées sur un cercle primitif de $1^m$,786 (5 *ft.* 10,33 *in.*) de diamètre.

*fig.* 92. — Grande lanterne, dont les tourteaux ont $1^m$,029 (3 *ft.* 4,5) de diamètre extérieur, et le cercle primitif $0^m$,946 (3 *ft.* 1,25 *in.*) de diamètre; elle a 26 fuseaux, dont le pas ou denture est de $0^m$,114 (4,5 *in.*).

*fig.* 93. — Petite lanterne, dont les tourteaux ont $0^m$,593 (1 *ft.* 11,33 *in.*) de diamètre extérieur, et le cercle primitif $0^m$,212 (8,33 *in.*) de diamètre; elle est garnie de 14 fuseaux, dont la denture égale $0^m$,108 (4,25 *in.*).

*fig.* 94. — Revers du grand rouet.

*fig.* 95. — Indication de la manière dont on assemble trois embrassures dans un arbre, en les entaillant l'une dans l'autre.

*fig.* 96. — Plan de l'avant-bec d'un moulin, dans lequel sont exprimées les semelles des cadres d'assemblage *ss*, *cc*, *c'c'*, etc., et la position des mortaises destinées à recevoir les montans. On y a représenté aussi le grillage *ggpp*, placé à l'amont, pour y retenir les corps flottans dans l'eau.

*Fig.* 112. Gros fer de meule *F*, couronné d'une anille à suspension *aa*, et de sa traverse *tt*, dessinés à l'échelle de 1 pour 24. La longueur du gros fer, depuis le pivot inférieur jusqu'au haut du collet ou fusée *f*, est d'à peu près $1^m$,600 (5 *ft.* 3 *in.*). Le papillon *p* s'élève de $0^m$,203 à $0^m$,229 (8 à 9 *in.*) au-dessus du haut

de cette fusée, laquelle a $0^m,076$ (3 *in.*) de long, et $0^m,076$ (3 *in.*) de diamètre. Le corps du gros fer *F* a $0^m,089$ (3, 5 *in.*) de large sur $0^m,051$ (2 *in.*) d'épaisseur, et le pivot $0^m,032$ (1, 25 *in.*) de diamètre. Ce pivot, la fusée et le sommet du papillon, doivent être aciérés, tournés et trempés.

Quelquefois on forge l'anille avec trois bras, dont l'un est si court, qu'il n'atteint que le haut de la traverse, laquelle se loge dans la même engravure que lui ; les autres bras doivent descendre presqu'aussi bas que le dessous de la traverse. Depuis peu on fait les anilles avec deux bras seulement; quelques personnes les préfèrent avec quatre bras, mais l'œillard de la meule en est trop obstrué. La traverse *tt* a environ $0^m,381$ (15 *in.*) de longueur.

La crapaudine dans laquelle le pied ou pivot du gros fer tourne, est une boîte *b* de $0^m,152$ (6 *in.*) de longueur $0^m,102$ (4 *in.*) de largeur en haut ; mais un peu moindre au fond ; elle a $0^m,102$ (4 *in.*) de hauteur en dehors ; les côtés et le fond ont $0^m,013$ (0, 5 *in.*) d'épaisseur. On ajuste dans le fond de cette boîte une pièce en fer de $0^m,025$ (1 *in.*) d'épaisseur, sur le milieu de laquelle est soudé un morceau d'acier de $0^m,038$ (1, 5 *in.*) en carré, dans lequel on fait un trou de $0^m,006$ (0, 25 *in.*) de profondeur, pour recevoir le bout du pivot du gros fer *F*. La boîte ne doit pas fuir, afin de pouvoir contenir de l'huile destinée à prévenir un trop grand développement de chaleur et à diminuer ainsi le frottement.

*Fig.* 113. Pivot pour les grands arbres verticaux, il a $0^m,406$ (16 *in.*) de long et $0^m,051$ (2 *in.*) d'équarrissage, le pied en est aciéré, tourné et trempé. Ce pivot tourne dans la crapaudine *b* construite de la même manière que celle du gros fer, mais moindre en proportion.

*Fig.* 114. Tourillon de $0^m,330$ (13 *in.*) de longueur et $0^m,038$ (1, 5 *in.*) de grosseur, pour les grands arbres des blutoirs.

*Fig.* 115. Grand goujon de jonction, partie carrée *G* $0^m,356$ (14 *in.*) de longueur, collet *c* $0^m,127$ (5 *in.*), tenon *t* $0^m,051$

(2 *in.*) de longueur, sur 0m,038 (1, 5 *in.*) en carré. Ce goujon est représenté assemblé avec la douille à fourchette *D*, dont chaque branche *b*,*b*, est percée de trois trous pour recevoir autant de rivures, quand on la met en place sur l'arbre.

*Fig.* 116. Tourillon de la roue hydraulique ; partie carrée *T* 0m,965 (3 *ft.* 2 *in.*) sur 0m,083 (3, 25 *in.*) ; le collet *C* de 0m,114 (4, 5 *in.*) de long.

*Fig.* 117. Tourillon de l'arbre portant la lanterne du grand rouet, et le petit rouet.

## Art. 39. — Des scieries, ou moulins a scier le bois, et de leur utilité.

Ces moulins servent à scier les bois de tous échantillons, tels que bois de charpente, planches, lattes, etc., et offrent de grands avantages dans les localités où la main-d'œuvre est chère.

Un moulin en bon état, dirigé par un seul homme, débite plus d'ouvrage que vingt scieurs de long se servant des scies ordinaires, et le travail est bien mieux fait.

### *Construction des roues hydrauliques des scieries.*

Les roues hydrauliques des scieries ont été construites de différentes manières ; celle d'entre elles qui conduit au mécanisme le plus simple, et qui peut être employée lorsque l'eau est abondante et la chute de 1m,829 (6 *ft.*), est la *roue volante* (*flutter-wheel*). Mais lorsqu'on a peu d'eau, et que la chute n'est pas assez grande pour engendrer la vitesse nécessaire à ces sortes de roues, il est convenable d'employer des roues en-dessus, liées à un double engrenage.

Les roues volantes peuvent être établies partout où l'eau a une chute de plus de 1m,829 (6 *ft.*). Il faut leur donner de la largeur et peu de diamètre sur les chutes basses, et les faire, au contraire, étroites et grandes en diamètre sur les chutes

élevées, de manière à ce qu'elles effectuent par minute environ cent vingt révolutions, correspondant à autant de coups de scie. Toutefois, plutôt que d'employer un double engrenage dans la construction, il vaudra't mieux réduire ce nombre de révolutions à cent.

*Table des dimensions des roues volantes pour toutes les chutes comprises entre* 1$^{m}$,829 (6 ft.) *et* 9$^{m}$,144 (30 ft.).

| Chute totale, exprimée en : | | Diamètre extérieur de la roue volante, mesuré en : | | Largeur de la roue volante, entre les joues, exprimée en : | |
|---|---|---|---|---|---|
| *mètres.* | *feet.* | *mètres.* | *inches.* | *mètres.* | *inches.* |
| 1,829 | 6 | 0,813 | 32 | 1,676 | 66 |
| 2,134 | 7 | 0,864 | 34 | 1,524 | 60 |
| 2,438 | 8 | 0,889 | 35 | 1,422 | 56 |
| 2,743 | 9 | 0,914 | 36 | 1,295 | 51 |
| 3,048 | 10 | 0,940 | 37 | 1,219 | 48 |
| 3,353 | 11 | 0,965 | 38 | 1,143 | 45 |
| 3,658 | 12 | 0,991 | 39 | 1,067 | 42 |
| 3,962 | 13 | 1,016 | 40 | 0,991 | 39 |
| 4,267 | 14 | 1,041 | 41 | 0,914 | 36 |
| 4,572 | 15 | 1,067 | 42 | 0,838 | 33 |
| 4,877 | 16 | 1,092 | 43 | 0,762 | 30 |
| 5,181 | 17 | 1,118 | 44 | 0,711 | 28 |
| 5,486 | 18 | 1,143 | 45 | 0,660 | 26 |
| 5,791 | 19 | 1,168 | 46 | 0,610 | 24 |
| 6,096 | 20 | 1,194 | 47 | 0,559 | 22 |
| 6,401 | 21 | 1,219 | 48 | 0,533 | 21 |
| 6,705 | 22 | 1,245 | 49 | 0,508 | 20 |
| 7,010 | 23 | 1,270 | 40 | 0,483 | 19 |
| 7,315 | 24 | 1,295 | 51 | 0,457 | 18 |
| 7,620 | 25 | 1,321 | 52 | 0,432 | 17 |
| 7,925 | 26 | 1,346 | 53 | 0,406 | 16 |
| 8,229 | 27 | 1,371 | 54 | 0,381 | 15 |
| 8,534 | 28 | 1,397 | 55 | 0,356 | 14 |
| 8,839 | 29 | 1,422 | 56 | 0,330 | 13 |
| 9,144 | 30 | 1,448 | 57 | 0,305 | 12 |

*N. B.* Les roues ci-dessus sont aussi étroites qu'il est possible de les faire, dans la vue d'économiser l'eau; mais si ce

liquide est abondant, on peut tenir les roues plus larges qu'on ne les a supposées dans la table, et le moulin en aura plus de puissance.

*Manière de disposer les engrenages des scieries.*

Je ne m'étendrai pas sur ce sujet, car les engrenages sont dispendieux et peu en usage dans les scieries. Ils doivent être combinés de manière à produire à peu près cent vingt coups de scie par minute, dans une pièce de bois ordinaire. La roue hydraulique peut être semblable à celle d'un autre moulin, en-dessous, en-dessus, ou de-côté. On doit la munir d'un hérisson, commandant une lanterne généralement de quatorze à quinze fuseaux, et combiné de manière à produire le mouvement convenable. On adapte sur l'arbre de la lanterne une roue à *volans*, qui peut être faite de pierre ou de bois, et qui sert à régulariser le mouvement. Il doit exister, au-dessus de la roue hydraulique, une charge ou colonne d'écoulement d'eau capable de lui imprimer une vitesse de rotation rapide ; autrement le moulin ira lourdement.

Le mécanisme d'une scierie complète doit produire les effets suivans :

1° Il doit mouvoir le châssis des scies, de bas en haut, et de haut en bas alternativement, avec une vitesse et une puissance suffisantes;

2° Il doit faire avancer la pièce de bois contre la scie ;

3° Il doit s'arrêter de lui-même, quand l'extrémité de la pièce de bois est arrivée à 0m,076 (3 *in.*) de la lame de scie.

4° Il doit donner le moyen de faire repousser en arrière le chariot chargé de la pièce de bois, par la puissance de l'eau, afin qu'on puisse tout disposer pour faire donner un nouveau trait de scie.

On fait arrêter le moulin de la manière suivante : la vanne est maintenue levée, par un arrêt qui retient dans la position convenable le lévier à l'aide duquel on la manœuvre ; cet arrêt est

lié avec une détente dont l'une des extrémités approche le côté du chariot à la distance de $0^m,013$ (0,5 *in.* ). Sur celui-ci, on cloue un buttoir ou morceau de bois de $0^m,038$ (1,5 *in.*) de saillie, lequel accroche la détente pendant le mouvement du chariot et écarte ainsi l'arrêt du lévier de la vanne, de sorte que le poids de celle-ci la fait tomber au moment convenable pour arrêter le moulin, en interceptant l'écoulement de l'eau motrice.

*Description d'une scierie.*

La fig. 118 est une vue perspective d'une scierie, montrant les fondations, les murs, la roue, le chariot, le beffroi ou charpente de $15^m,849$ (52 *ft.*) de longueur, sur $3^m,658$ (12 *ft.*) de large.

*A*, est un lévier qui sert à communiquer le mouvement du châssis *S* de la scie au chariot *G*, pour faire avancer la pièce de bois *P*. Il a $2^m,438$ (8 *ft.*) de longueur, et $0^m,076$ (3 *in.*) d'équarrissage, et est assemblé à tenons dans un rouleau *D* de $0^m,152$ (6 *in.*) de diamètre, qui s'étendant d'un côté à l'autre de la scierie, oscille sur des goujons. Dans la partie inférieure du rouleau est assemblé un bras *E* ou morceau de bois de $0^m,254$ (10 *in.*) de long, destiné à recevoir dans une ouverture de $0^m,051$ (2 *in.*) de large et régnant dans toute sa longueur, l'extrémité supérieure de la perche de motion ou *baille bois B.* La réunion de ces pièces est assurée par une broche en fer que l'on passe dans un des trous dont le morceau de bois *E* est garni ; de sorte qu'en la rapprochant plus ou moins de l'axe d'oscillation du rouleau, on fait avancer plus ou moins la pièce de bois vers la lame de la scie, en augmentant ou diminuant l'étendue du mouvement de va et vient du baille-bois.

La perche de motion ou baille-bois *B* a $3^m,658$ (12 *ft.*) de long et $0^m,076$ (3 *in.*) d'équarrissage à l'endroit où elle est liée avec le bras *E*, du rouleau *D* et va en diminuant jusqu'à l'extrémité inférieure, sur laquelle est emmanchée la douille d'une main de fer *M* de $0^m,305$ (1 *ft.*) de long, dont le bout, aplati,

aciéré et trempé, est rabattu de $0^m$,013 (0,5 *in.*) de chaque côté, dans le but de la bien maintenir sur la roue à rochet *C.*

Cette roue à rochet *C* est formée de quatre segmens de chanteau, de $1^m$,372 (4, 5 *ft.*) de longueur, de $0^m$,076 (3 *in.*) d'épaisseur, et $0^m$,432 (17 *in.*) de largeur au milieu, assemblés à recouvrement de manière à former une roue de $1^m$,524 (5 *ft.*) de diamètre, que l'on double entre les embrassures avec des planches de $0^m$,051 (2 *in.*) pour renforcer les joints. Le rochet est adapté sur le chanteau et est formé par un cercle ou anneau de fer, d'à peu près $0^m$,025 (4 *in.*) d'équarrissage, sillonné à l'extérieur de dentelures ou crans, dont 3 embrassent l'étendue de $0^m$,025 (1 *in.*). Sur un des flancs du chanteau de la roue, on fiche 12 fortes chevilles de $0^m$,229 (9 *in.*) de longueur, pour servir à ramener le chariot en arrière lorsque le mécanisme qui doit produire ce mouvement n'est pas en bon état. De l'autre côté du chanteau de la roue sont placées des dents au nombre de 56, et d'une denture de 0 ,076 (3 *in.*), lesquelles engrennent dans celles d'une roue montée sur le sommet de l'arbre vertical d'une roue hydraulique à cuvette, et portant 15 ou 16 dents. L'arbre de la roue à rochet est garni de 6 ou 7 chevilles de $0^m$,279 (11 *in.*) de longueur dans la partie ronde, et qui y sont admises dans toute leur grosseur et de manière à présenter une denture égale à celle des dents du chariot avec lesquelles elles doivent engrener facilement; leurs extrémités vont en diminuant et sont garnies de frettes.

Le chariot *GG* est un cadre de $0^m$,219 (4 *ft.*) de largeur totale, dont un des côtés a $8^m$,839 (29 *ft.*) de longueur sur $0^m$,178 (7 *in.*) d'équarrissage, l'autre côté a $9^m$,753 (32 *ft.*) de long et $0^m$,178 (7 *in.*) sur $0^m$,203 (8 *in.*); ils doivent être très-droits. Les entretoises ou traverses extrêmes doivent aussi être fortement assemblées à tenons et boulonnées avec les côtés, pour empêcher le cadre de se déformer. Dans la face inférieure du plus grand côté du chariot on plante deux rangées de dents, distantes l'une de l'autre de $0^m$,051 (2 *in.*). L'écartement des dents dans chaque rangée est de $0^m$,229 (9 *in.*), du milieu de

l'une au milieu de la suivante; les dents d'une rangée correspondent aux milieux des intervalles des dents de l'autre, de manière à produire par leur réunion une denture de o,$^{m}$114 (4, 5 *in.*) et à engrener dans les dents latérales de la roue à rochet *C*. Ces dents sont au nombre de 66 environ; leur queue a o$^{m}$,178 (7 *in.*) de longueur et o$^{m}$,044 (1, 75 *in.*) d'équarrissage, leur partie saillante a o$^{m}$,070 (2, 75 *in.*) de long, o$^{m}$,051 d'épaisseur aux extrémités et o$^{m}$,057 (2, 25 *in.*) aux épaulemens.

Les chemins *H*, *H*, que le chariot parcourt, sont des bandes de doublette de o$^{m}$,114 (4, 5 *in.*) de largeur et o$^{m}$,051 (2 *in.*) d'épaisseur, posées de champ dans toute la longueur du moulin et enfoncées de o$^{m}$,025 (1 *in.*) dans la face supérieure des solives ou semelles placées en travers du bâtiment. Ces chemins sont maintenus avec des coins à l'aide desquels on peut les dresser latéralement et les mettre de niveau, de manière à à ce que l'un d'eux passe facilement entre les deux rangées de dents du chariot, et ne permette pas à ce dernier de se dévier; ils doivent être faits de bois dur bien dressé.

Les poteaux à coulisse *F*, *F*, destinés à guider le châssis *S* de la scie, qui va et vient dans des coulisses ou rainures de o$^{m}$,063 (2, 5 *in.*) de profondeur et o$^{m}$,102 (4 *in.*) de largeur dont ils sont sillonnés, ont 3$^{m}$,658 (12 *ft.*) de longueur et o$^{m}$,308 (12 *in.*) d'équarrissage; ils sont assemblés avec les deux grandes poutres au milieu du beffroi, et dans des mortaises pratiquées sur le côté intérieur des poutres supérieures, de manière à ce qu'on puisse les mouvoir avec des clefs de serrage pour les mettre bien d'aplomb. Chaque poteau est percé de trois lumières de o$^{m}$,051 (2 *in.*) en carré, à o$^{m}$,013 (o, 5 *in.*) du bord des rainures ou coulisses, pour donner passage à des crochets à large tête qui maintiennent latéralement le châssis de la scie dans les coulisses: ces crochets sont serrés de l'autre côté des poteaux au moyen de clavettes.

La lame *L* qui a 1$^{m}$,829 (6 *ft.*) de longueur et o$^{m}$,178 à o$^{m}$,203 (7 à 8 *in.*) de large quand elle est neuve, est montée dans un

cadre *S*, de 1$^{m}$,829 (6 *ft.*) de largeur extérieure et de 1$^{m}$,905 (6 *ft.* 3 *in.*) de longueur entre les traverses, dont l'inférieure a 0$^{m}$,356 (14 *in.*) sur 0$^{m}$,076 (3 *in.*), et celle de haut 0$^{m}$,305 (12 *in.*) sur 0$^{m}$,076 (3 *in.*). Les montans du cadre ont 3$^{m}$,048 (10 *ft.*) de long et 0$^{m}$,127 (5 *in.*) sur 0$^{m}$,076 (3 *in.*) de grosseur; le tout doit être d'un bois dur et sec. La scie est attachée au cadre par deux pièces en fer ayant la forme d'une gache. Celle du bas a deux tiges taraudées qui passent au travers de la traverse inférieure, avec laquelle elle est invariablement liée par des écrous. Les tiges de la pièce du haut sont également taraudées, mais elles s'élèvent de chaque côté de la traverse supérieure et passent dans les trous d'un chapeau de fer plat, posé au-dessus de cette traverse, contre lequel la tension s'exerce à l'aide de forts écrous de 0$^{m}$,044 (1,75 *in*) en carré, que l'on tourne avec une clé particulière.

Ces deux pièces sont forgées avec un morceau de fer plat de 1$^{m}$,143 (3, 75 *ft.*) de long, 0$^{m}$,076 (3 *in.*) de large et 0$^{m}$,019 (0,75 *in.*) d'épaisseur; quand le fer est doublé, les boucles doivent présenter une ouverture carrée de 0$^{m}$,127 (5 *in.*). On les refend ensuite en travers pour recevoir une des boucles de la scie avec laquelle on les réunit par de fortes clés en bois qu'on y introduit. La lame *L* doit être extrêmement tendue dans son châssis par le moyen des écrous supérieurs, et être exactement placée à égale distance de chaque traverse à partir du dehors. Cette lame de scie doit pencher un peu en avant; pour cela placez-en le haut en surplomb de 0$^{m}$,013 (0, 5 *in.*).

L'avant-bec du moulin s'avance à travers les murs des fondations, jusqu'en *Q*.

La roue volante *R*, doit avoir les dimensions indiquées dans la table, suivant la grandeur de la chute. Les aubes doivent être assemblées avec des clés, de manière à pouvoir rentrer en-dedans de la roue, lorsque quelque corps étranger passe accidentellement par-dessous; ce mode d'assemblage les garantit de la rupture. Les roues volantes doivent être très-

lourdes, afin qu'elles puissent agir à la manière des *volans*, pour régulariser le mouvement du moulin.

Le tourillon à manivelle est représenté par la *fig.* 119, tracée à l'échelle de 1 pour 12. La partie *T*, qui entre dans l'arbre, a $0^m$,686 (2,25 *ft.*) de long, et $0^m$,096 (3,75 *in.*) sur $0^m$,051 (2 *in.*) de grosseur; le collet *C* a $0^m$,203 (8 *in.*) de longueur et $0^m$,076 (3 *in.*) de diamètre; la distance de l'axe du collet à l'axe du bras *M* de la manivelle est de $0^m$,305 (12 *in.*); celui-ci a $0^m$,127 (5 *in.*) de longueur jusqu'au trou de la clavette, et $0^m$,051 (2 *in.*) de diamètre.

Le tourillon que l'on place à l'autre extrémité de l'arbre a $0^m$,457 (18 *in.*) de portée intérieure; le collet a $0^m$,070 (2,75 *in.*) de diamètre et $0^m$,089 (3,5 *in.*) de longueur.

Le tourillon à manivelle est mis en place dans l'arbre tournant, comme un tourillon ordinaire; voyez pour cela l'art. 13.

La bielle de motion *I* du moulin *fig.* 118 a $0^m$,089 (3,5 *in.*) d'équarrissage au sommet, $0^m$,114 (4,5 *in.*) au milieu, et $0^m$,102 (4 *in.*) vers le bas; mais sur la longueur de $0^m$,510 (20 *in.*), l'extrémité inférieure a $0^m$,114 (4,5 *in.*) sur $0^m$,140 (5,5 *in.*) de grosseur, afin qu'il soit possible d'y percer les trous pour le bras de la manivelle et pour la clavette de serrage.

*Nœud d'attache de la bielle d'une scierie avec le châssis de la scie.*

Ce nœud est représenté par la *fig.* 120, dans laquelle *D* est une platine de fer percée d'un trou à chaque extrémité, pour donner passage aux bouts taraudés des pitons *B*, *B'*, munis de leurs écrous *C*, *C'*. Ces pitons ont $0^m$,432 (17 *in.*) de longueur, $0^m$,028 (1,125 *in.*) d'équarrissage; leur extrémité inférieure est arrondie en cylindre et assez grosse pour qu'étant percée d'un trou cylindrique de $0^m$,028 (1,125 *in.*) de diamètre, elle présente néanmoins une force suffisante.

*E* est un grand anneau ou maille, que l'on noie de son épaisseur dans la face inférieure de la traverse du bas du châssis de la scie. Les pitons passent dans les bouts de cette maille,

un de chaque côté de la traverse du châssis, contre laquelle ils sont ainsi tenus invariablement assemblés.

*A* est une pièce de fer de $0^m,610$ ( 2 *ft.* ) de long, $0^m,089$ ( 3,5 *in.* ) de largeur, et $0^m,013$ ( 0,5 *in.* ) d'épaisseur à l'extrémité inférieure, et $0^m,028$ ( 1,125 *in.* ) à l'extrémité supérieure. En cet endroit la pièce est entaillée et présente deux espèces de gonds *G*,*G'*, directement opposés, comme la figure le montre, afin que ces gonds puissent être embrassés par les pitons *B*, *B'*. L'entaille mentionnée a $0^m,038$ (1,5 *in.*) de longueur et descend presque dans l'alignement du dessous des tiges des gonds, le fond *F* doit en être aciéré et trempé très-dur.

La *fig.* 121 représente une platine de fer de $0^m,038$ (1,5 *in.*) de longueur, $0^m,013$ (0,5 *in.*) d'épaisseur au milieu, percée de deux trous à chaque bout pour recevoir de grands clous. Un morceau d'acier demi-cylindrique *F'*, ajusté contre l'entaille aciérée *F*, de la pièce *A*, *fig.* 120, est soudé au milieu de la platine dont il est ici question, laquelle doit être clouée sur le milieu de la face inférieure de la traverse du bas du châssis de la scie, de manière que le demi-cylindre d'acier *F'* se trouve dans la direction des trous des pitons *B*,*B'*. Cela étant, il est clair que, si ces pitons serrent bien le fond *F* de l'entaille de la pièce *A*, contre le demi-cylindre d'acier *F'*, le nœud ne présentera qu'un frottement de roulement et non de glissement, quand le moulin sera mis en activité.

De tous les moyens de construire les nœuds des bielles des scieries venus à ma connaissance, celui-là est le meilleur. Le premier assortiment que j'ai vu, a travaillé 8 ans dans mon moulin à scier et a fait de forts ouvrages, sans avoir jamais demandé plus de trois minutes pour l'ajuster, tandis que les autres modes de construction causent souvent beaucoup d'embarras.

La roue à cuvette, employée pour faire rebrousser le chariot est très-légère. Elle doit avoir $1^m,219$ (4 *ft.*) de diamètre, on la met en mouvement en agissant sur la vanne, soit avec le pied, soit avec la main et en même temps qu'on établit sa communication avec la roue à rochet, de laquelle on écarte la main du baille-bois. Aussitôt que la scie s'arrête, le chariot doit

entraîner doucement en arrière ce qui reste de la pièce de bois.

*J fig.* 118 est un vindas à manivelle, à l'aide duquel un homme peut placer les pièces de bois lourdes sur le chariot, et les y rouler.

La *fig.* 122 représente un crochet servant à rouler les pièces de bois.

Les *fig.* 123 et 124 représentent deux autres crochets, employés à différens usages.

La *fig.* 125 représente une longue buse verticale fermée. La vanne *A* est toujours entièrement levée et la quantité d'eau est réglée par une petite vanne *B* faite exprès, et adaptée au bas de la buse. Il faut admettre de l'air dans cette buse par une soupape située vers *A* (voyez § 71). Ces buses épargnent de la dépense, lorsque la chute est considérable; Leurs dimensions doivent être beaucoup plus grandes à l'extrémité supérieure qu'à l'extrémité inférieure; il y aurait autrement une perte de puissance; elles doivent être très-résistantes pour ne pas crever. Les buses verticales conviennent mieux dans les localités où la chute est est de plus de 3,658 (12 *ft.*).

La *fig.* 126 représente la manière de diriger l'eau sur une roue volante, au moyen d'une buse découverte ou long glacis, *AB* qui ne doit pas être incliné de plus de 45 degrés avec le plan horizontal, dans la crainte que l'eau ne s'élance et n'entraîne de l'air, ce qui causerait une grande perte de puissance.

*Opération.* La vanne de l'avant-bec étant ouverte, l'eau motrice fait tourner la roue volante *R fig.* 118, qui, au moyen de sa manivelle et à l'aide de la bielle *I*, donne à la scie *L* un mouvement de va et vient de haut en bas. En se levant, le châssis *S* soulève le lévier *A*, qui fait pivoter le rouleau *R* dont le bras *E* pousse en avant la perche baille-bois *B*; celle-ci pousse la roue à rochet *C* qui entraîne le chariot *G* et la pièce de bois *P* vers la scie, autant qu'il est nécessaire pour effectuer le trait. Quand il s'en faut de $0^{m},076$ (3 *in.*) que la scie n'ait parcouru toute la longueur de la pièce de bois, le buttoir *K* placé sur le côté du chariot arrive tout contre la détente et la fait partir, la vanne

tombe et se ferme, et la scie s'arrête; le meunier met alors l'eau sur la roue à cuvette, qui ramène doucement la pièce de bois en arrière, etc., etc.

### Art. 40. — Description d'un moulin a fouler les draps.

Ce moulin est représenté par la *fig.* 127 dans laquelle on a tracé l'avant-bec *V*, le chenal *ab*, la roue *R*, la pile, l'auge et les maillets, à l'échelle de 1 pour 48.

Trois entre-toises ou traverses *T*, sont assemblées par une de leurs extrémités sur le devant du haut de la pile, et par l'autre avec le haut de l'une des trois pièces circulaires *C*, qui guident les maillets; elles ont 1$^{m}$,829 (6 *ft.*) de longueur, 0$^{m}$,127 (5 *in.*) de large, et 0$^{m}$,152 (6 *in.*) d'épaisseur.

Les deux maillets *M*, *M'*, ont 1$^{m}$,296 (4,25 *ft.*) de longueur, 0$^{m}$,533 (21 *in.*) de large, et 0$^{m}$,203 (8 *in.*) d'épaisseur; on doit leur donner la forme indiquée dans la figure.

Les manches *m*, *m'*, des maillets ont 2$^{m}$,438 (8 *ft.*) de long, 0$^{m}$,076 (3 *in.*) de large, et 0$^{m}$,508 (20 *in.*) d'épaisseur. Un goujon *c* les traverse, à 0$^{m}$,203 (8 *in.*) de leurs extrémités supérieures et dans le coin le plus en arrière de la pile *P*. Les autres extrémités des manches passent à travers les maillets et sont garnies par dessous d'une platine de fer aciérée à la surface, trempée de tout son dur, ayant 0$^{m}$,610 (2 *ft.*) de long, 0$^{m}$,076 (3 *in.*) de large, et attachée avec deux boulons, pour recevoir l'action des cames motrices dont l'arbre de la roue hydraulique est armé.

La pile *P* a 2$^{m}$,134 (7 *ft.*) de hauteur, 0$^{m}$,610 (2 *ft.*) d'équarissage au pied, et seulement 0$^{m}$,381 (15 *in.*) d'épaisseur au sommet; elle est entaillée comme la figure l'indique, pour former le derrière de l'auge.

L'auge *U*, dans laquelle le drap en toile est foulé, a la forme indiquée par la figure; le fond *F* et les joues latérales qui s'étendent jusqu'à la ligne ponctuée *j*, sont assemblés dans des mortaises pratiquées au-devant de la pile. Ses dimensions sont

$0^m,457$ ( 18 *in.* ) de largeur au fond, $0^m,483$ ( 19 *in.* ) de largeur en haut, et $0^m,610$ ( 2 *ft.* ) de profondeur.

Les trois guides circulaires *C* des maillets ont $1^m,829$ (6 *ft.*) de longueur, $0^m,127$ ( 5 *in.* ) de large, et $0^m,178$ ( 7 *in.* ) d'épaisseur; ils sont assemblés par le bas dans le fond de l'auge.

Le fond *F* de l'auge est formé par une pièce de bois de $0^m,219$ ( 4 *ft.*) de long, $0^m,508$ ( 20 *in.* ) de large, et $0^m,254$ ( 10 *in.* ) d'épaisseur.

La semelle *S* de la pile doit avoir $1^m,829$ ( 6 *ft.* ) de longueur, $0^m,508$ ( 20 *in.* ) de large, et $0^m,457$ ( 18 *in.* ) d'épaisseur.

La semelle *D* du fond de l'auge *F* aura $1^m,829$ ( 6 *ft.* ) de long, et $0^m,356$ ( 14 *in.* ) d'équarrissage.

Les léviers à cames *L,L,* auront $1^m,676$ ( 5,5 *ft.* ) de longueur, $0^m,102$ ( 4 *in.* ) d'épaisseur, et $0^m,305$ ( 12 *in.* ) de largeur; ils doivent saillir de $0^m,533$ ( 21 *in.* ) de part et d'autre de l'arbre. Chacun de ces léviers est percé d'une lumière de $0^m,102$ ( 4 *in.* ) de large, et s'étendant à partir de l'arbre jusqu'à la came, pour donner passage aux bouts des manches des maillets, pendant l'instant qui précède celui de leur soulèvement.

Les cames sont formées par 4 morceaux de bois dur, de $0^m,305$ (12 *in.*) de longueur, $0^m,127$ (5 *in.*) de large, et $0^m,102$ ( 4 *in.*) d'épaisseur, taillés en forme de demi-cylindre, et boulonnés aux bouts des léviers.

La roue hydraulique en-dessus *R*, est semblable à celles des autres moulins. *B* est l'une des trois soles ou poutres de $4^m,877$ (16 *ft.*) de longueur, et $8^m,406$ (16 *in.*) d'équarrissage, placées sur les murs de fondation.

*Opération.* Le drap en toile est mis en tas dans l'auge; on livre l'eau à la roue, les léviers à came lèvent alternativement les maillets qui frappent le dessous du drap, dont le dessus retombe quand un maillet se lève. Il résulte de là que le drap tourne et change continuellement de position sous les maillets, dont la coupe indiquée dans la figure produit cet effet.

# SUPPLÉMENT.

## OBSERVATIONS SUR LES SCIERIES, PAR OLIVER EVANS.

### *Manière de mettre en place les lames des scieries.*

Placez les poteaux à coulisse d'aplomb dans tous les sens, et les traverses sur lesquelles la pièce de bois à sier doit être couchée bien de niveau. Tendez la scie exactement au milieu du châssis, en prenant les mesures à partir du dehors des montans. Ne placez pas les dents de la lame de scie suivant une ligne d'aplomb, mais disposez au contraire les dents supérieures $0^m,013$ (0,5 *in.*) plus en avant que les dents inférieures; afin de donner à la scie la facilité de se lever sans attaquer la pièce de bois, et à celle-ci de la place pour se mouvoir en avant pendant que la scie s'élève. Poussez le chariot en avant de manière à ce que la scie touche la pièce de bois à scier dans laquelle vous enfoncerez un clou vis-à-vis; repoussez alors le chariot en arrière autant que possible, et en vous tenant derrière la scie, placez la lame de manière à la diriger vers le clou; tendez-la fortement dans cette position sur son châssis, un peu plus vers le bord denté, pour qu'elle soit très-tendue à cet endroit; mettez-la en mouvement, et présentez un outil tout près d'un de ses plats, pour voir s'il le touche également dans toute la longueur du trait. Vérifiez si la lame est d'équerre avec les traverses sur lesquelles pose la pièce de bois à scier, car si cela n'était pas, les faces des bois de charpente débités, ne seraient pas d'équerre entre elles.

### *Manière d'affûter la scie.*

Le bord denté d'une lame de scie doit être tenu droit; et on

ne doit pas le laisser creuser par l'usure; les dents doivent être tournées un peu en-dehors de part et d'autre de la lame; si les bouts extérieurs sont ménagés un peu plus longs que les autres, la scie passera beaucoup mieux. Quelques personnes affûtent le dessous de la dent presque de niveau, et d'autres, un peu en baissant; mais alors elles ne travaillent jamais régulièrement et sont sujettes à prendre trop de bois; elles devraient remonter légèrement, mais très-peu, pour travailler d'une manière régulière. Donnez un trait dans la pièce de bois, et si la scie arrive à la marque indiquée par sa position relative, on doit en conclure qu'elle est bien montée.

*Manière de placer les pièces de bois et de les empêcher de faire ressort.*

Les pièces de bois longues et minces font tellement ressort quand on les scie, que le sciage en serait défectueux s'il n'existait pas des moyens de les maintenir droites. Pour cela, faites un *clamp* dont l'une des extrémités s'appuie contre le côté du chariot et l'autre dessous la pièce de bois, et ayant un montant sur le côté; enfoncez un coin entre le montant et la pièce de bois pour la rendre rigide; le côté du chariot fléchira, mais sans inconvénient.

*Manière de mouvoir les pièces de bois pour débiter les bois de charpente.*

Disposez un support à coulisse, pour le faire glisser dans une rainure creusée sur le devant du support principal; assujettissez la pièce de bois de chaque côté avec un petit crampon de fer, dont l'un des bouts rond sera enfoncé dans un trou sur le devant du support à coulisse, et dont l'autre bout aplati, sera fiché dans la pièce à scier en travers du fil du bois et un peu en biais. Fixez un montant de bois dur dans le milieu du support principal, tout contre celui à coulisse, et avançant un épaulement au-dessus de ce dernier support; enfoncez alors un

coin dans l'entre-deux, pour serrer le support à coulisse contre le support principal. Faites une marque de chaque côté du support, pour servir de point de départ à vos mesures. Quand vous voudrez mouvoir la pièce de bois, il faudra retirer le coin. L'extrémité de la pièce de bois par où la scie fait son entrée doit être assujettie à l'aide de crochets à coulisse, un de chaque côté de la scie.

*Construction des longues bielles.*

Construisez-les en deux parties, réunies à 3m,048 (10 *ft.*) de la manivelle, au moyen d'un enfourchement à charnière; fixez la partie supérieure de la bielle avec le châssis de la scie, lequel sera ainsi mu plus régulièrement et avec plus de douceur.

L'alimentation d'un moulin à scier doit être réglée par une vis, disposée pour éloigner plus ou moins la perche de motion ou baille-bois de l'axe du rouleau qui lui donne du mouvement; cette construction permettra de ralentir la course du chariot sans arrêter le moulin, quand la scie arrivera à un nœud.

## Observations sur les scieries, par William French, constructeur de moulins a New-Jersey.

Les moulins à scier le bois, établis sur de petites chutes, ont été très-perfectionnés dans cette province. Il en est qui, munis de deux scies et à l'aide d'une chute totale de $2^m,134$ (7 *ft.*), ont débité par an de 152396 à 182877 mètres (500000 à 600000 *ft.*) de planches, madriers et autres bois de charpente. Si l'eau est dirigée sur la roue hydraulique d'une manière convenable, et si le diamètre de cette roue est choisi d'après les indications de la table suivante, la scie donnera depuis 100 jusqu'à 130 coups par minute.

Le dessous de la poutre de front *B*, qui forme le bout de l'avant-bec représenté par la *fig.* 137, doit être situé aux trois quarts du diamètre de la roue *C*. Cette poutre, penchée en avant du douzième de son épaisseur, est boulonnée avec les poteaux corniers *A*, et entaillée cylindriquement pour donner

passage à la roue *C*, comme on le voit dans la figure. Le coursier *D* est également entaillé à la demande de la roue, et sa partie supérieure s'élève en *E* plus haut que le dessous de la poutre de front *B*, de 0$^{m}$,051 (2 *in.*) ou plus, selon la grandeur du pertuis *E*, lequel est fermé avec une vanne *F* qui glisse sur *E*, et peut être poussée tout contre la poutre de front *B*; de cette manière l'eau agit sur 4 des 9 aubes que la roue porte. Le mode de liaison de ces aubes ou palettes avec l'arbre ou noyau de la roue, consiste à les y fixer à l'aide de *coyaux* à enfourchement, *fig.* 138; assemblés à tenon et mortaise dans cet arbre. Ces aubes doivent avoir 0$^{m}$,114 (4,5 *in.*) de largeur.

La *Fig.* 139 représente la roue à cuvette employée pour ramener en arrière le chariot des scieries; on lui donne ordinairement de 1$^{m}$,209 à 0$^{m}$,829 (4,5 à 6 *ft.*) de diamètre, et 16 aubes. L'eau y est amenée par la buse *H*; l'aube, fig. 140, porte un long tenon qui sert à l'attacher sur le noyau de la roue avec une broche.

*Table des dimensions des roues volantes.*

| Chute exprimée en : | | Diamètre extérieur de la roue, exprimé en : | | Diamètre du noyau de la roue, exprimé en : | | Largeur de l'ouverture du pertuis par lequel l'eau tombe sur la roue, exprimée en : | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mètres, | *feet.* | mètres. | *feet.* | mètres. | *inches.* | mètres. | *inches.* |
| 3,658 | 12 | 1,524 | 5 | 0,914 | 36 | 0,044 | 1,750 |
| 3,353 | 11 | 1.676 | 5,5 | 0,914 | 36 | 0,051 | 2,000 |
| 3,048 | 10 | 1,829 | 6 | 0,914 | 36 | 0,054 | 2,125 |
| 2,743 | 9 | 1,981 | 6,5 | 0,864 | 34 | 0,057 | 2,250 |
| 2,438 | 8 | 2,134 | 7 | 0,838 | 33 | 0,063 | 2,500 |
| 2,134 | 7 | 2,286 | 7,5 | 0,813 | 32 | 0.083 | 3,250 |
| 1,829 | 6 | 2,438 | 8 | 0,787 | 31 | 0,089 | 3,500 |
| 1,524 | 5 | 2,743 | 9 | 0,761 | 30 | 0,096 | 3,750 |

*N. B.* La manivelle, d'environ 0$^{m}$,279 (11 *in.*), doit varier avec le bois.

*Machine à enfoncer les pilotis.*

Une machine simple servant à enfoncer dans les terrains mous, les pilotis nécessaires pour établir les fondations, soit des murs de moulins, soit de leurs digues, représentée par la *fig.* 143, consiste en un cadre *A*, de 1$^{m}$,829 ou 2$^{m}$,134 (6 ou 7 *ft.*) en carré, fait avec du bois de 0$^{m}$,102 (4 *in.*) sur 0$^{m}$,127 (5 *in.*) de grosseur, auquel sont liés deux poteaux *B*, de 3$^{m}$,048 à 3$^{m}$,658 (10 à 12 *ft.*) de hauteur et de 0$^{m}$,076 (3 *in.*) d'équarrissage, comprenant entre eux un intervalle de 0$^{m}$,051 (2 *in.*). Ces poteaux sont arc-boutés de leur sommet contre le derrière du cadre, et coiffés d'un chapeau *C* de 0$^{m}$,610 (2 *ft.*) de long, et de 0$^{m}$,152 (6 *in.*), sur 0$^{m}$,203 (8 *in.*) de grosseur.

Celui-ci est garni à son milieu d'une poulie *D*, pour recevoir une corde attachée au mouton *E*, dans le côté duquel sont fichés deux morceaux de bois *F*, *F*, de 0$^{m}$,102 (4 *in.*) passant dans l'intervalle des poteaux et au travers d'un bout de planche *G*, de 0$^{m}$,051 (2 *in.*) d'épaisseur, et de 0$^{m}$,152 (6 *in.*) de large, avec lequel ils sont assemblés, de manière que le tout puisse glisser facilement du haut en bas des poteaux *B*.

Cette machine est servie par 4 ou 6 hommes, qui élèvent le mouton en tirant en arrière les bâtons attachés vers l'extrémité de la corde *K*, et le laissent tomber ensuite sur le pilotis *L*; ils peuvent, en balançant leurs bras, frapper 30 ou 40 coups par minute.

*Manière d'établir des digues sur des fondations molles.*

Le meilleur procédé de construction est celui que je vais décrire. Placez trois semelles *f*, *g*, *h*, *fig.* 141, en travers du courant, pour assembler par dessus des poutres *i*, *i*, dirigées dans le sens du fil de l'eau ; liez les semelles *f*, *g*, *h*, à un nombre suffisant de pilotis enfoncés dans le terrain, tels que ceux *a*, *c*, *e*; fixez avec elles les poutres *i*, *i*, et recouvrez celle-ci avec des palplanches jointives de 0$^{m}$,051 (2 *in.*) d'épaisseur.

Quelquefois la nature du terrain rend nécessaire de consolider par des pilotis les poutres latérales *i*, *i*, et d'étendre les culées de la digue jusqu'à 3m,048 ou 3m,658 (10 ou 12 *ft.*) dans le rivage ; les poteaux des ailes de la digue doivent alors avoir 0m,610 (2 ou 3 *ft.*) de plus de hauteur que ceux de l'endroit par lequel l'eau tombe, planchéiez tout le devant de la digue *PKKP*, *fig.* 142, garnissez-la de terre en amont jusqu'à 0m,305 ou 0m,458 (12 ou 18 *in.*) du dessus de la poutre *p*.

La figure 141 représente la coupe en travers de la digue prise à l'endroit où l'eau tombe.

Les poteaux *k* sont assemblés dans la semelle principale *g*, par un double tenon, de manière à pencher en aval de un quatorzième de leur hauteur ; ils sont consolidés à l'aide des arcs-boutans *l*, *m*, assemblés dans les poutres longitudinales *i*, *i* ; celles-ci doivent s'étendre à 7m,620 (25 *ft.*) en amont et en aval, et être bien planchéiées dans toute cette étendue.

La masse de terre *n*, déposée en amont de la digue, doit être battue en pente, et recouvrir les bouts des poutres *i*, *i* sur une épaisseur de 0,m914 à 1m,219 (3 à 4 *ft.*).

Quand les chutes ont beaucoup de hauteur, on fait bien de planchéier le devant des arcs-boutans *m*, afin que l'eau glisse sur ce plancher au lieu de tomber ; mais si elles sont peu élevées, l'eau peut tomber directement sur le plancher qui recouvre les poutres *i*, *i*.

## DESCRIPTION DE LA MACHINE A BATTRE LE BLÉ, AU MOYEN DE FLEAUX ELASTIQUES, INVENTÉE PAR JAMES WARDROP, DE AMPTHILL EN VIRGINIE.

Cette machine est représentée en perspective par la *fig.* 128, dont voici la légende.

*A*, plancher ou aire, contre lequel les fléaux sont fixés.

*B*, partie de l'aire, faite d'osier entrelacé, sur laquelle on

dépose les gerbes, et qui laisse passer au travers, les grains de blé détachés des épis. Ces grains sont dirigés de là vers un crible ou tarare situé en-dessous. On voit en *P* la poulie du ventilateur, qui est mis en mouvement par une courroie.

*C,C,C*, rebords en planche mince, élevés autour de l'aire pour renfermer le blé, ils sont évasés à l'extérieur pour faciliter l'extraction de la paille.

*D*, arbre moteur, garni de cames posées en hélice.

*E*, manivelle pour tourner ledit arbre.

*F,F*, fléaux.

*G,G,G*, levées, garnies de cordes pour soulever les fléaux.

*I,I,I*, cames pour agir sur les levées.

K, montant sur lequel est posé l'arbre moteur.

*L*, traverse sur laquelle reposent les levées, liées avec elle par une baguette de fer qui leur sert de pivot et est embreuvée dans une gorge creusée sur la face supérieure de cette traverse.

*MM*, traverse d'arrêt pour limiter la course des levées.

*N*, guides dans lesquels les levées se meuvent.

*O*, traverse dans laquelle les extrémités des fléaux sont fixées et assemblées à mortaises.

*Q*, *Q*, *Q*, extrémités du croisillon d'un volant, chargées de plomb. Ce volant n'est pas nécessaire dans une machine mue par un cheval.

La *fig.* 129 indique la manière d'assembler les levées et d'en construire les guides.

Cette machine, pour être mue par deux hommes, doit être munie de fléaux de $3^m$,658 (12 *ft.*), dont le ressort égale 9k,066 (20 *lb.*) quand ils sont soulevés de $0^m$,914 (3 *ft.*). Un ressort de cette puissance, tombant de cette hauteur, détache le blé des épis avec beaucoup d'effet.

# APPENDICE

CONTENANT DES

EXTAITS DE QUELQUES OUVRAGES SUR LES MOULINS, ET DIVERSES OBSERVATIONS PAR THOMAS JONES,

PRÉCÉDÉS

DE LA DESCRIPTION D'UN MOULIN EN GROS AVEC LES PERFECTIONNEMENS LES PLUS RÉCENS,

Par Cadwallader Evans et Oliver Evans, ingénieurs.

---

## DESCRIPTION D'UN MOULIN EN GROS MUNI DE QUATRE PAIRES DE MEULES DE 1m,524 (5 ft.), CONSTRUIT PAR CADWALLADER EVANS ET OLIVER EVANS, INGÉNIEURS A PHILADELPHIE.

L'ensemble de ce moulin est représenté par la *fig.* 130.

*A*, est un arbre creux cylindrique, en fer coulé, de 0m,381 (15 *in.*) de diamètre, excepté dans les endroits qui doivent recevoir la roue hydraulique et la roue d'engrenage *B*, où son diamètre est porté à 0m,484 (19 *in.*). La roue hydraulique est montée sur cet arbre au moyen de trois nœuds en fer coulé, semblables à celui représenté par la *fig.* 134, et elle fait dix révolutions par minute.

*B*, principale roue d'engrenage d'angle menante, montée sur l'arbre *A* de la roue hydraulique. Le diamètre de son cercle

primitif est de $2^m,438$ (8 *ft.*); elle a cent dents de $0^m,076$ (3 *in.*) de denture et de $0^m203$ (8 *in.*) de largeur, elle opère dix révolutions par minute.

*C*, pignon d'engrenage d'angle, fixé au bas de l'arbre vertical *F*; son cercle primitif à $1^m,219$ (4 *ft.*) de diamètre; il porte cinquante dents pareilles à celles de la roue précédente, et fait vingt révolutions par minute.

*D*, grande roue d'engrenage cylindrique, effectuant vingt révolutions par minute; elle porte cent quatorze dents de $0^m254$ (10 *in.*) de large, et dont la denture est de $0^m,076$ (3 *in.*); d'où il suit que le diamètre de son cercle primitif égale $2^m,748$ (9 *ft*, 2 *in.*). Cette roue donne le mouvement à

*E,E,E,E*, quatre pignons de dix-neuf dents pareilles à celles de la roue **D**, montés sur les gros fers des meules, et dont le diamètre du cercle primitif égale $0^m,460$ (18,1 *in.*).

*FF*, arbre vertical, s'élevant dans toute la hauteur du bâtiment, composé de plusieurs parties réunies par des manchons *m,m*, à chaque étage.

*G,G,G,G*, quatre paires de meules, de $1^m,524$ (5 *ft.*) de diamètre, effectuant cent vingt révolutions par minute. On n'en voit que deux dans l'élévation; la position des quatre est indiquée par les cercles ponctués, dans la *fig.* 131.

*H*, poulie sur l'arbre vertical, autour de laquelle passe une courroie, qui donne le mouvement à

*I*, ventilateur ou tarare, destiné à vanner le grain; et qui fait cent vingt révolutions par minute. Ses ailes ont $0^m,914$ (3 *ft.*) de longueur, $0^m,510$ (20 *in.*) de largeur.

*J*, roue d'angle, de $0^m,610$ (2 *ft.*) de diamètre, portant des dents de $0^m,063$ (2,5 *in.*) de large et de $0^m,051$ (2 *in.*) de denture; cette roue, montée sur l'arbre vertical *F*, commande celle *L* du blutoir, et fait dix-huit révolutions par minute.

*K*, autre roue d'angle, fixée sur l'arbre vertical *F*, au-dessus de la précédente. Elle est garnie de cinquante-six dents, de $0^m,051$ (2 *in.*) de denture et de $0^m,063$ (2,5 *in.*) de largeur.

*L*, roue d'angle, montée sur l'arbre du blutoir *M*; elle a trente

et une dents semblables à celles de la roue *K*, avec laquelle elle engrène.

*M*, *N*, sont deux des quatre blutoirs du moulin ; ils ont $5^m,486$ (18 *ft.*) de long, $0^m,762$ (40 *in.*) de diamètre, et opèrent trente-six révolutions par minute.

*O*, grande poulie, sur l'arbre vertical qui, au moyen d'une courroie, donne le mouvement aux meules frottantes *P*.

*Q*, roue d'angle, fixée sur le bout de l'arbre vertical *F* et engrenant avec

*R*, roue d'angle, arrêtée sur un des bouts d'un arbre horizontal, qui porte à l'autre bout

*S*, roue d'angle, de $0^m,305$ (1 *ft.*) de diamètre, engrenant dans

*T*, roue d'angle, de $1^m,524$ (5 *ft.*) de diamètre, fixée sur l'arbre du refroidisseur *U*, dont le mouvement est ainsi réduit à quatre révolutions par minute, et qui agit sur un cercle de $6^m,096$ (20 *ft.*) de diamètre.

*VV'*, Élévateur de farine pour les quatre paires de meules.

*XX'*, élévateur de grain.

*Y*, chambre d'emballage et presse.

Les engrenages employés pour donner le mouvement aux quatre paires de meules du moulin, consistent en une grande roue cylindrique *D* *fig.* 131, conduisant les quatre pignons *E*, *E*, *E*, *E*, des gros fers des meules, distribués uniformément autour de sa circonférence. Ces meules, représentées par les cercles ponctués, ont $1^m,524$ (5 *ft.*) de diamètre.

La *fig.* 132 représente les manchons d'assemblage des diverses parties de l'arbre vertical. Ils sont en fer coulé; leurs trous sont parfaitement alésés au droit l'un de l'autre, pour recevoir les extrémités des parties de l'arbre vertical en fer.

La *fig.* 133 fait voir la face des manchons garnie de cames, au nombre de trois, dont les flancs, dirigés vers le centre, divisent cette face en six parties égales, et de manière que les intervalles des cames de l'un des manchons soient occupés

par les cames du manchon avec lequel il forme assemblage.

La *fig.* 134 indique la manière dont les rais de la roue hydraulique doivent être assemblés sur l'arbre. On emploie pour cela un nœud ou moyeu en fer coulé, composé d'un plateau de 0m,019 (0,75 *in.*) d'épaisseur, ouvert à son milieu d'une espèce de grosse douille à huit pans, pour donner passage à l'arbre octogonal; les parois de cette douille ont 0m,032 (1,25 *in.*) d'épaisseur, et 0m,305 (12 *in.*) de profondeur. Les cases *E,E*, qui reçoivent les rais sont formées par des nervures de 0m,127 (5 *in.*) de saillie sur le plateau, et ont 0m,356 (14 *in.*) de longueur dans le sens des rayons. Entre ces cases, le plateau est évidé à jour en *J,J,J*, afin de diminuer le poids du métal, mais de manière à lui conserver toute sa force. Pour une grande roue hydraulique, il faut trois nœuds semblables. Les rais doivent être soigneusement ajustés dans les cases du nœud qui les assemble, et y être boulonnés en *b,b*, comme la figure le montre.

La *fig.* 135 représente un des rais de la roue hydraulique, taillé en *E* comme il doit l'être.

Les avantages de ce mode de construction des roues hydrauliques sont les suivans : l'arbre n'est pas affaibli par des lumières destinées à recevoir les embrassures ; la roue n'est pas aussi sujette à se pourrir; si un rais ou un auget sont détruits par accident, ils peuvent être facilement rétablis, en n'arrêtant le moulin que le temps nécessaire pour démonter la partie cassée, et la remplacer par une nouvelle.

La *fig.* 136 donne l'élévation latérale de la presse à emballer. Le baril *a*, ouvert par le haut, et contenant la farine, est couronné par l'entonnoir *b*, dans lequel passe le fouloir *c*. Celui-ci est manœuvré à la main, à l'aide du lévier composé *g h f e*. Les armatures qui lient les extrémités de la verge *d* avec le fouloir en *g*, et avec le manche *i*, en *h*, sont boulonnées sur la verge *d*, et reçoivent de fortes broches de fer, passant à travers du fouloir et du manche. Celui-ci est assemblé à charnière en *f*, au haut d'une forte tige de fer, passant à travers

une des solives du plancher, et serrée par dessous avec une clavette; la tête de cette tige est percée d'un œil, qui reçoit la broche autour de laquelle pivote la ferrure du manche.

En agissant avec la main sur la poignée *e* du manche *i* du lévier composé *efhg*, la broche *h* se meut autour de l'axe de celle *f*, dans le cercle ponctué, en entraînant la verge *d*, qui fait descendre le fouloir *c*, lequel presse la farine dans le baril. A mesure que celle-ci est plus fortement pressée, la puissance de la machine augmente; parce que la verge *d* se rapproche de plus en plus du boulon d'appui *f*, tandis que la poignée *e* du manche *i* s'en éloigne. Un contre-poids *k*, suspendu à une corde passant sur les poulies *l*, *m*, aide à relever le manche *i* du lévier, pour soulever le fouloir.

Quand la broche *h* est descendue de manière à se trouver à 0m,013 (0,5 *in.*) du plan vertical ou aplomb de l'axe de la broche *f*, l'effet de la puissance est augmenté dans le rapport de 1 à 288. Si on agit donc sur la presse avec un treuil simple, capable d'augmenter un effort dans le rapport de 1 à 15, l'effort exercé par cette combinaison sera porté de 1 à 4320. Si le treuil avait les proportions nécessaires pour exercer un effort égal à 30, à l'aide d'un effort égal à 1 : ce dernier effort, transmis par l'ensemble de ce treuil et de la presse décrite deviendrait 8640; c'est-à-dire qu'un seul homme exercerait, avec ce mécanisme autant de pression que 8640 hommes pourraient en produire par l'application immédiate de leur force naturelle au fouloir.

Cette machine est très-convenable pour presser le coton, le tabac, le cidre, et toutes les matières qui demandent l'exercice d'une forte pression.

*Opération du moulin.*

Après que le grain a été pesé on ouvre un tiroir et il coule dans l'élévateur de grain *X*, qui l'élève jusqu'au haut du bâtiment, où une anche pivotante le verse dans des tuyaux qui le dirigent vers celui des endroits du moulin où il doit être déposé. Quand on veut le moudre, on ouvre des tiroirs qui le

laissent couler dans d'autres tuyaux inclinés servant à le ramener vers l'élévateur de grain *XX'*, lequel l'élève une seconde fois pour le jeter dans la trémie des meules frottantes *P*.

Après avoir passé sous ces meules, le blé descend dans le crible rotatif mu par la roue d'angle *K*. Quand il a été bien criblé, il tombe dans le ventilateur et descend de là dans une très-grande trémie placée au-dessus du milieu des quatre paires de meules, laquelle en alimente régulièrement les trémies particulières. La mouture tombe dans une huche d'où l'élévateur *VV'*, la prend pour la conduire au haut du bâtiment, où elle est déposée sous le refroidisseur. Celui-ci l'étale, la rafraîchit et la ramasse pour la livrer aux blutoirs, qui séparent les différentes qualités de farine, lesquelles descendent dans la chambre d'emballage *Y*, d'où on les retire pour les emballer dans des barils.

Ces dispositions nous dispensent du service des conducteurs; un élévateur de grain et un autre de farine suffisent pour quatre paires de meules. Nous supprimons ainsi la moitié des engrenages que l'on emploie ordinairement dans les moulins, ce qui prend moins de place dans le bâtiment, et en laisse davantage pour déposer le grain, etc.

Toutes les roues d'engrenage de ce moulin sont en fer coulé; et leurs dents ont beaucoup de saillie, car l'expérience prouve que, l'étendue des flancs des dents bien faites n'augmente pas le frottement, et que les roues durent trois fois plus long-temps en augmentant un peu la saillie de leurs dents. Nous recommandons de donner $0^m,254$ (10 *in.*) de largeur aux dents des roues principales menantes. La longueur des collets des arbres destinés à transmettre de grands efforts doit être le double de celle qu'on leur donne ordinairement; l'accroissement de cette longueur n'augmente pas le frottement; ainsi on fera bien de donner de $0^m,203$ à $0^m,264$ (8 à 14 *in.*) de longueur aux portées des tourillons des roues hydrauliques.

Les soussignés dressent les plans pour les moulins; les pièces en fer peuvent être prises à l'atelier de construction de

machines à vapeur et à la fonderie de fer de MM. *Rush* et *Muhlenburg*, Bush Hill, à Philadelphie.

15 Juin 1826.

CADWALLADER ÉVANS. OLIVER ÉVANS.

---

## SUR LA CONSTRUCTION DES ROUES HYDRAULIQUES ET SUR LE MOUVEMENT QUI DOIT ANIMER CES ROUES, POUR LEUR FAIRE PRODUIRE LE PLUS GRAND EFFET POSSIBLE. (1).

*Extrait du journal Franklin.*

L'emploi du fer coulé dans la construction des roues hydrauliques, surtout de celles destinées à transmettre une grande puissance, est un des perfectionnemens les plus importans. Si ce métal et les ouvriers habiles dans l'art de le travailler pouvaient être employés à bon compte, on pourrait en construire en entier les roues hydrauliques; ce qui reviendrait par la suite à meilleur marché; car si elles étaient entretenues avec soin, et mises en mouvement par de l'eau douce, elles dureraient des siècles. Mais comme la dépense d'établissement serait souvent un obstacle, je voudrais au moins que dans toutes les grandes roues hydrauliques les axes fussent faits en fer coulé; et afin d'obtenir la plus grande force avec le plus petit poids de métal possible, que l'on fît l'arbre creux et d'une forme octogone ou

(1) Cet article est écrit par un ingénieur praticien, doué de beaucoup de talent et riche d'expérience. Ses observations s'accordent parfaitement avec celles de l'éditeur. Les principes sur lesquels il appuie ses raisonnemens sont exacts, et l'on espère que leur publication dans cet ouvrage engagera quelques-uns de nos plus intelligens constructeurs de moulins à s'écarter de la route ordinaire, et à mettre en pratique les moyens recommandés par M. Parkin, qui n'était pas un simple théoricien, mais qui pratiquait comme eux. L'éditeur espérait en être aidé pour perfectionner cet ouvrage; mais sa mort, qui a privé la société d'un de ses membres les plus distingués, ne lui laisse que des regrets.

hexagone, muni de nœuds ou moyeux en fer coulé pour réunir chaque assortiment de rais, tant de la roue que du grand rouet. Ces nœuds devraient être invariablement fixés à leur place avec des clavettes d'acier.

Pour ce qui est du choix des roues hydrauliques à établir sur les chutes de différente hauteur, par l'eau desquelles elles doivent être mues, j'ai remarqué que, les chutes de 0m,610 à 2m,743 (2 à 9 *ft.*), sont utilisées de la manière la plus avantageuse par des roues en-dessous; et les chutes de 3m,048 (10 *ft.*) et au-dessus, par les roues-à-augets et de-côté. Les roues établies sur les chutes au-dessus de 6m,096 à 7m,620 (20 à 25 *ft.*) devraient avoir un diamètre d'un sixième plus grand que la hauteur de ces chutes, et l'eau devrait leur être livrée à la hauteur de de son niveau dans la digue. Je sais que ce principe diffère entièrement de la pratique établie, et il y a peu de roues dans l'union qui pourraient être mues de cette manière à cause du système suivi dans leur construction. On en verra les raisons par ce qui suit.

En calculant les proportions des roues d'engrenage intérieures par lesquelles les diverses parties du mécanisme des moulins doivent être mises en action, il est nécessaire, afin d'obtenir le plus grand effet possible, de ménager la vitesse de la circonférence de la roue hydraulique entre 1m,219 et 1m,524 (4 et 5 *ft.*) par seconde, parce qu on s'est assuré, à l'aide d'expériences exactes, que la plus grande force que l'on peut obtenir de l'eau est donnée entre ces limites. Comme tous les corps graves, l'eau tombe avec la vitesse d'à peu près 4m,878 (16 *ft.*) durant la première seconde, et il est évident que, si une roue hydraulique est établie de manière à devoir emporter l'eau dont elle est chargée avec une vitesse de 3m,048, ou 3m,353 ou 3m,658 (10, 11 ou 12 *ft.*) par seconde, comme on le pratique généralement; une grande portion de la puissance de l'eau est perdue ou plutôt dépensée, en détruisant par un frottement inutile la roue sur laquelle elle coule.

En suivant le mode ordinaire de construction des moulins



et d'application de l'eau aux roues hydrauliques, on a trouvé qu'il était indispensable de réserver au-dessus du pertuis de la vanne, par lequel l'eau coule dans les augets de la roue, une charge d'eau de $0^m,610$ à $1^m,219$ (2 à 4 *ft.*) pour obtenir une vitesse telle que l'on peut augmenter instantanément la résistance opposée au moteur, sans retarder pour cela la vitesse de rotation de la roue; ce qui ne pourrait être fait sans cette précaution. On a conclu à tort de cette circonstance que, l'impulsion ou choc que reçoit la roue mue de cette manière produit plus d'effet que la puissance obtenue de la seule gravité de l'eau. J'ai souvent entendu soutenir cette théorie par des praticiens; mais, dans le fait, ils s'appuyaient sur une erreur pour en justifier une autre.

Bien souvent on a disposé les roues en-dessus, dans la seule vue de faciliter l'introduction de l'eau dans les augets; mais si la roue avait été animée de la vitesse convenable, cela n'aurait présenté aucune difficulté.

Par suite de la vitesse excessive avec laquelle on fait tourner en général les roues hydrauliques, l'eau d'aval s'accumule en arrière et en diminue l'action ; mais en modérant convenablement la vitesse, la résistance de l'eau en arrière est considérablement diminuée. Si l'eau d'aval baigne la roue, l'effet est le même que si l'on ne jouissait que d'une chute plus basse, d'autant que le bas de la roue est immergé dans l'eau. Dans les roues en-dessous, mues par des chutes peu élevées ou placées dans un courant produit par la marée, on peut encore diminuer la résistance de l'eau à l'arrière, en ne dirigeant pas exactement les aubes vers l'axe de la roue, mais en en écartant au contraire leur direction de $1^m,152$ ou $0^m,203$ (6 ou 8 *in.*), afin de faciliter à ces aubes la sortie de l'eau.

En construisant les roues hydrauliques qui doivent tourner avec la vitesse de $1^m,219$ ou $1^m,524$ (4 ou 5 *ft.*) par seconde, il est nécessaire de leur donner plus de largeur que si l'on voulait utiliser la même quantité d'eau à l'aide d'une roue de même nature et animée d'une grande vitesse. Ainsi, si l'on se

proposait d'établir un moulin sur un cours d'eau assez fort pour faire tourner une roue de 1m,524 ( 5 *ft.* ) de large avec une vitesse à la circonférence de 3m,048 ( 10 *ft.* ) par seconde ; il est évident que, pour utiliser toute l'eau dépensée par cette roue, il faudrait donner à la nouvelle 3m,048 ou 3m,658 ( 10 ou 12 *ft.*) de largeur au lieu de 1m,524 ( 5 *ft.* ), autrement l'eau serait inutilement dépensée; parce que dans une roue à mouvement lent de 1m,524 ( 5 *ft.* ) de large, il n'y aurait de place que pour en recevoir la moitié. Les principaux avantages résultant de cette manière d'approprier les roues aux chutes qui doivent les faire mouvoir, et de ce mode d'appliquer l'eau, sont les suivans :

1° Ils diminuent le frottement sur les tourillons principaux, lesquels, avec un peu de soin, peuvent être régulièrement rafraîchis ; et l'arbre dure beaucoup plus long-temps que lorsque les tourillons ne sont pas maintenus froids ;

2° En utilisant le seul principe de la gravité de l'eau, et en appliquant toujours ce liquide à la hauteur de sa surface dans la digue, sa puissance sera du double de ce que l'on en obtient par la manière ordinaire dont on le fait agir sur les roues ;

3° L'avant-bec coûteux, généralement employé pour diriger l'eau sur la roue, ne sera pas nécessaire ; un moins grand et conséquemment moins dispendieux suffira;

4° La résistance de l'eau en arrière est diminuée autant qu'il est possible ;

5° Le danger d'incendie est moindre , le frottement étant diminué.

Je terminerai cet article par des remarques sur les établissemens que j'ai examinés dans le courant de cette année.

Le moulin de M. *Smith* , nouvellement établi sur le Raritan, à New-Brunswick, N. J., est garni de roues hydrauliques de 4m,877 ( 16 *ft.* ) de diamètre, et de 4m,267 (14 *ft.*) de largeur; elles sont mues par une chute d'eau de 1m,219 (4 *ft.*). Les circonférences de ces roues, qui font 12 révolutions par minute, décrivent ainsi 3m,048 ( 10 *ft.* ) par seconde, pendant

que les meules de $1^m,524$ (5*ft.*) de diamètre effectuent 100 révolutions.

Les roues hydrauliques des moulins à farine de Brandywine, près Wilmington, tournent avec la vitesse de 10 à 15 révolutions par minute ; elles ont généralement $4^m,877$ ( 16 *ft.* ) de diamètre et les chutes $6^m,096$ ( 20 *ft.* ) de hauteur.

On n'obtient pas dans tous ces établissemens 50 pour cent de la puissance de l'eau employée.

Les roues hydrauliques de Fairmount, qui servent à approvisionner d'eau la ville de Philadelphie, ont $4^m,877$ ( 16 *ft.* ) de diamètre, et $4^m,267$ ( 14 *ft.* ) de largeur ; elles sont mues par une chute de $1^m,524$ ( 5 *ft.* ) et effectuent 13 révolutions par minute, ce qui équivaut à une vitesse de $3^m,353$ ( 11 *ft.*) par seconde à leur circonférence.

Les machines employées dans cet établissement témoignent de l'habileté des ouvriers qui les ont construites ; mais si les idées que j'ai exposées relativement au mode d'application de l'eau sont exactes, on verra que seulement la manière dont l'eau est livrée aux roues y cause une grande perte de puissance.

Si ces roues hydrauliques, telles qu'elles existent maintenant, étaient réduites à ne plus effectuer que 5 révolutions par minute, tout en faisant donner aux pompes le même nombre de coups de piston qu'elles donnent à présent, savoir : 13 allées et autant de venues dans le même temps ; et si l'eau était versée sur les roues au niveau de sa surface dans la digue, chaque roue ferait agir deux des pompes avec l'eau qu'elle dépense maintenant pour en faire marcher une.

Mais si les roues étaient noyées de $0^m,457$ ( 18 *in.* ) dans la marée, les deux tiers de l'eau actuellement dépensée pour faire travailler une pompe en feraient marcher deux avec la même vitesse pendant que la roue serait dégagée de l'eau, et il n'en faudrait pas plus que ce qu'on en dépense maintenant pour une pompe, pour en faire marcher deux quand le bas de la roue serait noyé. J'espère que l'on reconnaîtra l'évidence de ce

qui précède si l'on considère que la réduction de la vitesse procure une augmentation de 150 pour 100 sur la quantité d'eau introduite dans la roue, ainsi qu'un avantage résultant de l'action de l'eau descendant avec une vitesse de $1^m,250$ (*4 ft.*) au lieu de $3^m,353$ (*11 ft.*) par seconde.

Le 24 septembre 1815.

W. Parkin, *ingénieur.*

---

Quand la chute est assez grande, on devrait toujours utiliser le principe de la gravité de l'eau. Cette conclusion paraît si évidente, qu'il est étonnant qu'on l'ait contestée; la différence reconnue entre les effets des roues en-dessus et ceux des roues en-dessous est une preuve convaincante de la vérité de ce principe. L'entière puissance motrice de l'eau est dérivée de sa gravité, seule cause de sa chute; et quoiqu'en tombant d'une hauteur donnée elle acquière de la vitesse, la gravité reste la même, et tout l'effet que celle-ci aurait produit a été dépensé sur ce liquide seul et n'a fait mouvoir aucun autre corps. La force avec laquelle l'eau frappe quand elle tombe d'une certaine hauteur est calculée de manière à tromper ceux qui ne sont pas bien versés dans les principes de mécanique; mais il est admis, tant par M. *Evans* que par M. *Ellicot*, que l'effet de l'eau sur les roues en-dessus est diminué par l'augmentation de la colonne d'écoulement. La raison donnée pour ménager cette colonne aussi grande qu'ils l'indiquent est fondée sur la nécessité de remplir promptement les augets; mais cette nécessité est créé par le trop de vitesse que l'on donne à la roue.

M. *Evans* a dit, et les constructeurs de moulins croient en général, qu'il est nécessaire de donner une plus grande vitesse à la roue, que celle recommandée par *Smeaton* et d'autres auteurs, afin de faire aller le moulin plus régulièrement et pour l'empêcher d'être retardé par une augmentation subite de résistance; ou en d'autres termes que la roue hydraulique

doit être construite de manière à pouvoir agir comme un volant, ce qui ne saurait avoir lieu si le mouvement était trop ralenti. On peut faire deux objections à ce qui précède. En donnant à la circonférence de la roue une vitesse qui excède de beaucoup 1m,219 ou 1m,524 (4 ou 5 *ft.*) par seconde, l'effet de l'eau est réduit considérablement au-dessous du maximum, et cette perte de puissance est continuelle. Pour faire faire à la roue hydraulique l'office de volant, on perd une quantité d'eau qui pourrait être employée à transmettre au moulin une plus grande puissance. Quand un moulin, par le genre de travail qu'il doit faire, demande l'emploi d'un volant, le choix de la roue hydraulique pour le suppléer est souvent plus mauvais que l'on puisse imaginer, surtout lorsqu'il y a beaucoup d'engrenages dans le moulin.

Un volant n'ajoute rien du tout à la puissance motrice actuelle, mais il sert à emmagasiner l'excès de cette puissance quand la résistance diminue; pour lui faire bien remplir cette destination, on devrait le placer aussi près que possible de la partie travaillante des machines. Dans les moulins à farine, un volant n'est pas nécessaire; les meules le suppléent de la manière la plus efficace, et l'on peut appliquer la même remarque à toute espèce de moulins sans manivelle ou dans lesquels la résistance est à peu près continue pendant tout la durée du travail.

Quant à l'avantage obtenu en donnant aux roues en-dessus un mouvement bien moins rapide qu'on ne le fait ordinairement, l'exemple suivant aura probablement plus d'influence sur l'esprit de l'ouvrier que tous les raisonnemens qu'on pourrait lui faire; et dans le fait, les raisonnemens ont peu de valeur, s'ils ne sont pas justifiés par les résultats de l'expérience.

---

## Sur les avantages comparatifs des différentes roues hydrauliques établies dans les États-Unis d'Amérique par Jacob Perkins, et en Angleterre par George Manwaring, ingénieur.

*Extrait du Technical repository de Londres.*

M. *Perkins* a construit à Newburyport une roue hydraulique de $9^m,144$ (30 *ft.*) de diamètre, sur le plan que l'on nomme en Amérique *Pitch-back* et en Angleterre *Back-shut*, roue *à-augets-par-derrière*, c'est-à-dire roue recevant l'eau près du sommet, mais non pas précisément à ce sommet comme les roues en-dessus. Cette manière de livrer l'eau à une roue est la mieux raisonnée, parce qu'en cas d'inondation la roue se meut dans la même direction que l'eau, et non dans la direction opposée; et elle n'est pas chargée sur le haut comme les roues en dessus, d'une masse d'eau inutile et qui ne fait qu'ajouter au poids sur les tourillons de l'arbre de la roue, et à la perte de puissance, par l'augmentation du frottement que ces tourillons éprouvent. Dans les roues à-augets-par-derrière, l'eau est livrée en un point où elle agit avec un certain lévier pour donner le mouvement à la roue tout en ayant cependant le temps de s'introduire dans les augets avant d'atteindre le niveau de l'axe, où elle agit avec sa plus grande puissance.

La charpente de la roue proprement dite était construite en bois de chêne, et les augets en tôle; cette roue était armée d'un cercle de dents qui menait un pignon de fer coulé de $0^m,914$ (3 *ft.*) de diamètre, lequel donnait le mouvement à un arbre de couche de $27^m,431$ (90 *ft.*) de longueur, formé de trois parties de $9^m,144$ (30 *ft.*) chacune, et servant à communiquer tous les mouvemens nécessaires à une manufacture de clous.

M. *Perkins* plaça le pignon qui engrenait avec la roue aussi près que possible en dessous du vannage de l'avant-bec conduisant l'eau à cette roue, et diminua ainsi beaucoup le

poids sur les tourillons de l'arbre de la roue en le rejetant pour ainsi dire sur le pignon, tandis que s'il avait placé, comme on le fait ordinairement, l'axe de ce pignon dans le plan horizontal de celui de la roue et du côté opposé, il aurait doublé la charge des collets, par le poids de l'eau d'un côté de la roue et par la résistance des machines à faire mouvoir de l'autre. Il eut aussi grand soin que les dents sur la roue et le pignon fussent toujours mouillées ou tournassent dans de l'eau, au lieu d'être graissées comme on le fait ordinairement; et il trouva que ce moyen suffisait pour les faire rouler régulièrement et sans le moindre bruit. La vitesse de la circonférence de la roue était d'à peu près $0^{m},914$ (3 *ft.*) par seconde, conformément à la théorie perfectionnée et si bien démontrée par feu le savant *Smeaton* (voyez § 67 et § 68). Il y avait dix ans que cette roue travaillait au grand contentement des propriétaires, quand elle fut malheureusement détruite par un incendie.

Il s'offrit bientôt une occasion de comparer les avantages de cette roue hydraulique avec ceux d'une autre, que les mêmes propriétaires firent construire d'après les conseils d'un constructeur de moulins qui trouvait la première roue beaucoup trop grande, assurant qu'il eût mieux valu ne lui donner que $7^{m},010$ (23 *ft.*) de diamètre et lui livrer l'eau de côté. Néanmoins, en faisant travailler la machine à fabriquer les clous échappée à l'incendie, l'expérience prouva que, pour produire la même quantité d'ouvrage, la nouvelle roue dépensait le double de l'eau qu'il fallait livrer à la première.

M. *Manwaring* a aussi eu de son côté occasion de vérifier en Angleterre les avantages d'un système de construction semblable à celui de M. *Perkins*, sur une roue à-augets-par-derrière en fer coulé du même diamètre de $9^{m},144$ (30 *ft.*), laquelle était aussi munie d'un cercle denté et menait un pignon de $0^{m},914$ (3 *ft.*) de diamètre posé sur le même côté de la roue, mais pas tout-à-fait aussi haut, n'étant qu'un peu au-dessus du niveau de l'axe de la roue. Cette roue met en activité

de travail un moulin à farine situé dans le comté de Sussex, et fait tourner six paires de meules et les machines accessoires ; la vitesse de sa circonférence est de $0^m,914$ (3 *ft.*) par seconde. Elle a donné tant de satisfaction, que M. *Manwaring* en construit actuellement une autre pour le même propriétaire; celle-ci est plus large et est calculée pour mener huit paires de meules.

Nous sommes heureux d'avoir une occasion de communiquer des faits de pratique aussi précieux. Les mêmes résultats ayant été obtenus dans deux pays si éloignés l'un de l'autre que le sont l'Angleterre et les États-Unis, ils prouvent que, lorsque les hommes pensent sainement, leurs idées se rencontrent.

---

Quoique l'exemple précédent soit relatif à une roue à-augets-par-derrière, il confirme nos idées aussi bien que s'il se rapportait à une roue en-dessus; à cause de la similitude qui existe entre une roue en dessus recevant l'eau à son sommet, sous une faible colonne d'écoulement, et une roue à-augets-par-derrière telle qu'elle a été construite par M. *Perkins*; ainsi qu'entre une roue en dessus établie sous une colonne d'écoulement considérable, et la roue de ce côté.

Les remarques faites sur les roues à-augets-par-derrière sont de nature à fixer l'attention du constructeur de moulins. M. *Évans* assimile très-judicieusement ces roues, pour ce qui est de leur action, aux roues en-dessus, et M. *Ellicot* pense « qu'une roue en-dessus établie sous la même colonne d'écoulement et sur la même chute qu'une roue à-augets-par-derrière, transmet une puissance égale, » et n'en dit d'ailleurs que fort peu de chose; par la raison sans doute que la colonne d'écoulement que l'on croyait nécessaire n'était pas si facile à ménager pour une roue à-augets-par-derrière que pour une roue en-dessus. Mais si l'on admet que l'eau doit être livrée à la hauteur de son niveau dans la digue, à cause que la vitesse de la roue ne doit pas excéder $1^m,219$ ou $1^m,524$ (4 ou 5 *ft.*) par seconde, et

que sa capacité pour contenir l'eau doit être augmentée, la difficulté disparaît entièrement. En sortant des augets d'une roue en-dessus, l'eau reçoit une impulsion dans une direction qui la pousse vers le canal de fuite, et en cas de d'accumulation d'eau en aval, on ne peut pas contester que la roue en sera beaucoup moins gênée.

Pour ce qui est des roues en-dessous, M. *Evans* pense qu'elles doivent se mouvoir avec une vitesse presque égale aux deux tiers de celle de l'eau, et M. *Ellicot* estimant cette vitesse précisément aux deux tiers, dit qu'il est peu important que cela ne s'accorde point avec la théorie; mais cela ne s'occorde pas non plus avec l'opinion d'un grand nombre de constructeurs de moulins très-intelligens et très-expérimentés. On a avancé, d'après la théorie que, la puissance d'une roue en-dessous serait au maximum si la vitesse de ses palettes était égale au tiers de celle de l'eau qui les frappe; la pratique cependant n'a pas confirmé la vérité de cette théorie. *Borda* a démontré que cette conclusion n'est pas théoriquement exacte, puisqu'elle n'est seulement applicable qu'au cas où l'eau agit sur une seule palette; mais que dans l'action d'un courant sur plusieurs aubes, comme cela a lieu pour une roue de moulin, la vitesse de celle-ci ne doit être que la moitié de celle de l'eau pour que l'effet soit au maximum. On peut en voir la démonstration à l'article *hydrodynamics*, dans l'Encyclopédie d'Edimburg. Cela a été entièrement confirmé par les expériences de *Smeaton*, qui observe à ce sujet que, dans tous les cas où il a obtenu le plus d'effet produit en proportion de la quantité d'eau dépensée, et présentant le plus de circonstances analogues à celles des grandes constructions bien exécutés, le maximum correspond à une vitesse de la roue différant moins de la moitié que du tiers de celle de l'eau, il lui paraît que cette moitié doit correspondre au véritable maximum.

---

Digitized by Google

Extrait des essais pratiques sur les mécanismes des moulins et autres usines, par Robertson Buchanan, ingénieur (1).

Le fer coulé est généralement employé en Angleterre, non-seulement pour construire les engrenages des moulins, mais encore dans l'établissement de bien des parties de leurs *beffrois*, *bâtis* ou encadremens; cet usage commence à s'introduire dans les contrées de l'Union où l'on peut se procurer facilement le fer coulé, et il deviendra général à mesure que l'on en reconnaîtra l'utilité. Les extraits suivans donneront des indications sur les divers emplois de ce métal, et on verra que les principes sur lesquels ils sont fondés s'appliquent également à l'emploi des bois et du fer forgé.

*Recherches pratiques sur la force et la durée des dents des roues d'engrenage des moulins.*

« Je vais examiner maintenant la force qu'il convient de donner aux dents des roues d'engrenage, relativement à la résistance qu'elles doivent surmonter.

» Je sais qu'à cause de la grande variété de circonstances, ce sujet est entouré de beaucoup de difficultés, et qu'il n'est pas facile d'établir une règle générale sur le choix des dentures et de la largeur des dents des roues d'engrenage. Aussi ne dois-je prétendre qu'à donner une simple règle approximative; cependant si j'y parvenais d'une manière convenable, je pense que ce serait une chose très-utile au constructeur de moulins qui n'aurait pas le temps ou l'occasion de faire des recherches scientifiques sur cet objet. Dans tous les cas, quoique l'exac-

(1) La seconde édition de cet ouvrage de *Buchanan*, qui a pour titre : *Practical essays on mill-work and other machinery*, a été publié en 1823, à Londres, en 2 vol. in-8°, et 20 pl.; avec des additions et des notes de Thomas *Tredgold*, ingénieur civil.

titude d'une règle ne soit pas absolue, on peut néanmoins s'en servir, faute de meilleur guide.

» Il est trop évident, pour qu'il soit nécessaire de justifier cette assertion, qu'il est essentiel pour l'utilité et pour le coup-d'œil d'une machine quelconque, de proportionner la force et la grosseur des différentes parties qui la composent à l'effort et à l'usure auxquelles ces parties seront soumises.

» Quelques observations générales sur les engrenages des moulins, seront très-utiles pour simplifier nos recherches sur ce sujet. »

*Observations générales sur les engrenages des moulins.*

« De fausses idées d'économie ont souvent été cause que l'on a employé des roues d'engrenage d'un trop petit diamètre; c'est un défaut qu'il faut soigneusement éviter. Connaissant la pression exercée sur les dents d'une roue, on n'en peut pas réduire le diamètre au-dessous d'une certaine limite.

» Supposons, par exemple, une roue hydraulique de la force de 20 chevaux, mue au point d'application de l'eau, avec une vitesse de $1^{m},068$ ( 3,5 *ft.*) par seconde. On sait qu'un pignon de $1^{m},219$ ( 4 *ft.* ) de diamètre peut engrener sans inconvénient avec une roue d'un diamètre égal ; on sait aussi qu'on ne pourrait pas, sans commettre une grande faute, lui substituer un autre pignon de $0^{m},305$ (1 *ft.*) seulement, quoique la pression et la vitesse des cercles primitifs dans les deux cas restent les mêmes sous certains rapports. En effet, en employant le petit pignon, un plus grand effort serait rejeté sur les tourillons de l'arbre, non à cause de la torsion, mais par suite d'un effort transversal, provenant tant d'une plus grande pression directe, que de la tendance que l'action oblique des dents, surtout si elles étaient un peu usées, aurait à produire un plus grand frottement, à chasser le pignon hors de la roue, et à le faire ainsi presser plus fortement sur les tourillons. Le petit pignon est aussi évidemment sujet à s'user plus

vite, à cause du frottement plus fréquent que chaque dent éprouve.

» Les constructeurs de moulins expérimentés savent que ces observations ne sont pas sans fondement. Ils ont trouvé une grande économie de puissance en changeant l'ancienne construction des moulins à farine, d'après laquelle on n'employait qu'une seule seule roue et un pignon ou lanterne, et en remplaçant cet engrenage suivant la nouvelle méthode de transmettre le mouvement, par un plus grand nombre de roues ou de pignons d'un diamètre plus grand et d'une denture moins grosse.

» L'effet utile du moteur a souvent été doublé par de tels moyens, et la déperdition résultant de l'usure par le travail a été bien moindre, quoiqu'il soit pourtant bien évident que les mécanismes disposés de cette manière sont plus compliqués.

» L'examen attentif de la manière de communiquer convenablement la puissance primitive, est d'une grande importance pour la construction des moulins, d'après les meilleurs principes. On verra facilement que, dans bien des cas, une grande partie de la puissance primitive est dépensée, avant qu'aucune force soit réellement appliquée à l'exécution du travail que l'on se propose de faire.

» Outre les derniers perfectionnemens introduits dans cette partie, il y en a encore beaucoup à faire ; car, dans les modes usités de construire les moulins, on porte rarement assez d'attention aux principes scientifiques. Il est certain cependant qu'on pourrait, en mettant ceux-ci à profit, éviter la perte d'une grande partie de puissance qui se trouve inutilement épuisée. On arriverait principalement à ce résultat en communiquant les mouvemens par degrés successifs de vitesse, à partir du mouvement le plus lent jusqu'au plus rapide, et en faisant usage, dans ces transmissions, de roues et de pignons des plus grands diamètres possibles.

» Ce sujet doit être examiné attentivement avant que l'on

puisse déterminer dans aucun cas quelle doit être la denture des roues. Dans l'hypothèse que nous faisions plus haut de l'adoption d'un pignon de $1^{m},219$ ( *4 ft.* ) de diamètre, et d'un autre de $0^{m},305$ ( *1 ft.* ), il est évident que la même denture ne conviendrait pas. Pour le petit pignon, la denture doit être moins grosse que pour le grand, et il est ainsi convenable que les dents du petit pignon soient plus larges que celles du grand pignon

» Il est cependant évident que, quoiqu'on puisse obtenir de grands avantages par suite de l'adoption d'une denture fine, il y a une limite à cet égard, aussi bien que pour la largeur à donner aux dents. Nous essaierons de découvrir quelques indications de ces limites dans ce qui va suivre; et afin de procéder pour le mieux, nous nous appuierons sur des propositions qui sont exactes quand il s'agit de grosses pièces de bois ou de métal, exposées aux causes ordinaires de pression; en convenant toutefois que l'on ne peut pas strictement démontrer qu'elles sont applicables aux engrenages. Cependant, faute de meilleures bases, elles serviront au moins à empêcher de grosses erreurs pratiques, pour ce qui est de la force des dents des roues; car on doit se rappeler que nous ne nous proposons pas ici la recherche de vérités mathématiques profondes et curieuses, mais bien cette espèce d'évidence admise par le sujet, et qui suffit pour la pratique.

» Comme les pignons de fer coulé sont maintenant généralement employés, et parce que les dents d'un pignon sont sujettes à l'usure, je pense que nous ferons bien dans nos recherches de les regarder toutes comme étant de fer coulé.

» Les lois sur lesquelles je me suis basé sont celles-ci :



Digitized by Google

*Principes sur la manière de proportionner la force des dents des roues d'engrenage.*

Ire PROPOSITION. *La résistance d'une pièce de bois ou de métal à section transversale rectangulaire est en proportion directe de sa largeur et du carré de son épaisseur* (1). »

« De là on doit conclure que, la force des dents des roues animées de la même vitesse et placées dans les mêmes circonstances, est directement proportionnelle à leur largeur et au carré de leur épaisseur. Ainsi, par exemple, si on double la largeur d'une dent, on en double la force; mais si on double l'épaisseur de cette dent, en d'autres termes si on adopte pour la roue une denture double en gardant la largeur primitive des dents, la force de celles-ci devient quadruple.

Quoique dans les roues d'engrenage faites avec soin et exactitude l'effort soit transmis par plusieurs dents à la fois, cependant une irrégularité de forme ou même l'interposition d'un petit corps tel qu'un morceau de bois ou de pierre, reportera réellement tout l'effort sur une seule dent; ainsi, afin d'embrasser ce cas, nous supposerons que la force d'une seule dent doit résister à la pression de tout le mécanisme.

» Mais comme la longueur des dents varie ordinairement avec la denture, on doit prendre cette circonstance en considération, et la plus simple manière d'y avoir égard est de supposer que les dents se transmettent l'effort par leurs extrémités extérieures; les propositions suivantes nous guideront dans cette partie de notre recherche :

(1) Voyez *Emerson*, prop. 67.

II<sup>me</sup> PROPOSITION. *Si une force est appliquée latéralement à un lévier ou à une poutre, l'effort en un point quelconque est directement comme la force et sa distance de cet endroit* (1).

III<sup>me</sup> PROPOSITION. *La denture étant la même, l'effort est en raison inverse de la vitesse* (2).

» Par exemple, si les cercles primitifs d'une paire de roues se meuvent avec la vitesse de 1<sup>m</sup>,829 (6 *ft.*) par seconde, et que la vitesse de ceux d'une autre paire de roues placées dans les mêmes circonstances à tous autres égards, soit de 0<sup>m</sup>,914 (3 *ft.*) seulement par seconde, l'effort sur les dents des dernières roues est double de celui qui a lieu sur les dents des premières. »

*Sur la manière de combiner les engrenages.*

» Dans une machine, la vitesse des points qui reçoivent l'impulsion du moteur doit être à celle des points qui effectuent le travail, dans le rapport qui convient à l'effet maximum de la puissance motrice d'une part, et de l'autre au meilleur effet des pièces ouvrières. Toute autre combinaison de mouvemens relatifs des parties de la machine sera nécessairement suivie, soit d'une perte de puissance, soit d'une mauvaise exécution de l'ouvrage. Mais quand une fois on connaît la meilleure vitesse à donner aux pièces ouvrières, ainsi que celle qui met le premier moteur en état de produire le maximum d'effet, la détermination du nombre de dents convenable aux roues et aux pignons est une opération très-simple. Avant d'aller plus loin il est bon d'avertir les jeunes mécaniciens de quelques points essentiels.

1° Quand des roues font mouvoir ou *mènent* des pignons, le nombre de dents de chacun de ceux-ci ne doit pas être de

(1) Voyez *Emerson*, prop. 69.
(2) Voyez *Emerson*, prop. 119, règle 8.

moins de 8, mais bien plutôt 11 ou 12 si cela peut se faire commodément. Pour la forme de dents qui sera décrite, ce nombre ne doit pas être moindre de dix, mais il sera bien mieux de le porter à 13 ou 14.

2° Quand les pignons *mènent* les roues, le nombre de leurs dents peut être moindre; mais dans aucun cas on ne doit pas mettre moins de 6 dents sur un pignon, et il faut lui en donner de préférence 8 ou 9 quand on peut le faire.

3° Le nombre de dents d'une roue doit être premier relativement au nombre de dents du pignon, c'est-à-dire que le nombre de dents de la roue ne doit pas pouvoir être divisé par celui des dents du pignon, sans donner un reste. Mais comme les nombres de dents des pignons sont ordinairement choisis, il sera avantageux de prendre pour chacun d'eux un nombre premier tel que 7, 11, 13, 17, 19, 23, etc., parceque ces nombres sont moins souvent facteurs que les autres.

Quand on est conduit à donner un nombre premier de dents à la roue, tout nombre entier qui approche le plus d'être avec lui dans le rapport voulu peut être pris pour celui des dents du pignon; car une exactitude minutieuse n'est pas ce à quoi il faut s'attacher. On préfère garnir la roue de dents en nombre premier ou qui ne soit pas divisible par le nombre de dents du pignon, parce qu'alors les mêmes dents se rencontrant plus rarement, elles s'usent ainsi plus uniformément.

4° Si l'on désire qu'un accroissement ou qu'un décroissement de vitesse soit communiqué avec le moins possible de rouages, on a démontré que le nombre de dents de chaque pignon doit être au nombre de dents de sa roue, comme 1 est à 3,59 (1); mais tant à cause de l'espace occupé par plusieurs roues que par la dépense qu'elles occasionent, il sera souvent nécessaire de leur donner 5 ou 6 fois autant de dents qu'aux pignons. Cependant le rapport de 1 à 6 ne devrait ja-

(1) Voyez la physique du docteur *Young*, 2e vol., art. 366.

mais être dépassé, à moins qu'il n'y ait pour cela des raisons importantes.

*Observations pratiques sur la manière de faire les modèles pour les roues en fer coulé.*

« Ayant déterminé la denture assez robuste pour l'usage auquel elle doit être appliquée, l'épaisseur de la dent sert à régler les proportions des autres parties de la roue.

» Un constructeur très-estimé m'a dit avoir adopté depuis long-temps la règle suivante, pour déterminer la longueur ou saillie des dents des roues, et en avoir été toujours satisfait.

» RÈGLE. *La saillie des dents doit être égale à la denture diminuée du jeu de l'engrenage.* On entend par *jeu de l'engrenage* l'intervalle compris entre les bouts des dents d'une des roues, et le cercle sur lequel sont placées les racines des dents de l'autre, lorsque les roues engrènent bien, c'est-à-dire lorsque leurs cercles primitifs se touchent.

» Par exemple, pour la denture de $0^m,051$ (2 *in.*), il donne $0^m,046$ (1 13/16 *in.*) de saillie à la dent, en admettant $0^m,005$ (3/16 *in.*) pour le jeu de l'engrenage.

» Un autre constructeur très-expérimenté, surtout dans les moulins mus par des chevaux, donne depuis long-temps pour *saillie* aux dents de ses roues *la moitié de la denture* seulement, et les fait travailler aussi engrenées que possible, sans toutefois que les extrémités des unes buttent contre les fonds des intervalles des autres. Avant d'adopter cette proportion, les dents étaient très-sujettes à être cassées, lorsque les chevaux donnaient des saccades.

» En y réfléchissant, on trouvera qu'il n'est pas nécessaire de donner à l'engrenage plus de jeu qu'il n'en faut pour que les bouts des dents d'une roue puissent passer sans toucher le cercle intérieur de l'autre; en admettre davantage ne servirait qu'à affaiblir les dents. Ce mode d'engrener est plus né-

cessaire dans les moulins mus par des chevaux, que lorsque la puissance motrice est régulière et constante.

» *Hutton*, dans son ouvrage sur l'horlogerie, recommande de tenir *la distance des bouts des dents au cercle primitif égale aux trois quarts de l'épaisseur de la dent;* ainsi, en supposant cette règle appliquée à une denture de $0^m,051$ (2 *in.*), et que l'épaisseur des dents est exactement égale aux intervalles qui les séparent ; alors les dents sailleraient de $0^m,019$ (0, 75 *in.*) au dehors du cercle primitif, et leur racine devrait être assez loin dans l'intérieur pour laisser passer librement les dents de la roue conjuguée, que l'on doit supposer en tout pareilles. Alors chaque dent aurait $0^m,038$ (1, 5 *in.*) de longueur sans compter le jeu de l'engrenage, qui, en le supposant de $0^m,005$ ($3/16$ *in.*) comme ci-dessus exige que la dent ait une saillie totale de $0^m,043$ (1 $11/16$ *in.*).

» Mais en faisant le modèle pour une roue de fer coulé, le constructeur de moulins doit faire attention à une circonstance qui tient à la nature de cette matière. Toutes les parties du modèle ne doivent pas être seulement d'une dimension suffisamment forte, il faut encore proportionner ces parties de manière à ce que lorsque le métal fluide est coulé dans le moule il puisse s'y refroidir partout en même temps.

» Quand on ne porte pas toute l'attention nécessaire à cette circonstance, le métal se refroidit inégalement, il se contracte plus vite dans un endroit que dans l'autre, et la pièce coulée se casse quelquefois inopinément comme un verre que l'on chauffe ou refroidit partiellement. Dans les modèles pour le fer coulé, on doit ajouter à toutes les dimensions 1 pour 96 (1/8 *in.* pour 1 *ft.*), pour fournir à la contraction ou *retrait* que le métal éprouve en se refroidissant.

» On doit aussi amincir les diverses parties du modèle du dedans au dehors, ou leur donner, comme on dit, de la *dépouille*, afin que le mouleur puisse facilement retirer ce modèle hors du sable sans endommager le moule. Quelques observations sur les opérations d'une fonderie de fer en apprendront plus

dans cette partie du sujet, que toutes les paroles. Nous ajouterons cependant qu'il suffit ordinairement d'une dépouille égale à 1, pour une profondeur égale à 96 ($^1/_{16}$ *in.* pour 6 *in.*).

» Qu'il me soit permis d'indiquer les proportions suivantes, comme déduites de toutes ces considérations et ayant bien réussi dans la pratique.

» L'épaisseur du cercle doit être égale à l'épaisseur de la dent, près de la racine. Quand le cercle est plus mince que la dent à sa racine, il cède ordinairement à un effort qui ne casserait pas la dent.

» Il faut que les rais à leur réunion avec le cercle soient de même largeur et épaisseur que lui; cette dernière réunion ne doit pas s'opérer sous des angles aigus, car, dans ce cas, les roues se casseraient dans le sable.

» Les rais doivent devenir de plus en plus gros, à mesure qu'ils approchent du centre de la roue (1), et l'œil doit être assez robuste pour résister à l'effort des clavettes, au moyen desquelles on fixe la roue sur l'arbre. On ne peut pas facilement soumettre cela au calcul.

» D'un autre côté, on ne doit pas faire l'œil trop épais, dans la crainte que le refroidissement soit inégal.

» Il doit avoir un peu plus de largeur que la dent, afin d'appuyer plus solidement sur l'arbre. Cette largeur doit être proportionnée à la grandeur de la roue.

» Quand le cercle a $0^m,025$ (1 *in.*) d'épaisseur, on donne ordinairement $0^m,032$ (1,25 *in.*) d'épaisseur aux parois de l'œil; on tient celui-ci un cinquième plus large que le cercle, quand la roue a $1^m,219$ (4 *ft.*) de diamètre environ.

» Les petites roues n'ont ordinairement que quatre rais; mais comme il ne faut pas qu'une grande étendue du cercle reste sans être supportée, on doit augmenter le nombre de rais dans les grandes roues.

» Afin de renforcer les rais sans beaucoup d'augmentation

(1) Voyez *Emerson*, prop. 119, règle 8.

Digitized by Google

de métal, il n'est pas rare de les garnir de côtes, ce qui se fait en leur ajoutant à angles droits une nervure mince de métal.

» Les mêmes règles s'appliquent aux roues d'engrenage d'angle, que nous enseignerons à dessiner; mais on ne doit pas oublier que l'œil d'une roue d'angle doit être rejeté du côté de cette roue opposé, à celui vers lequel se trouve le sommet du *cône primitif* sur lequel elle est établie. Quand les roues dépassent une certaine grandeur il devient nécessaire d'en faire des modèles exprès, dont les différentes parties sont isolées et peuvent être réunies par le moyen de boulons.

» Un très-bon moyen d'empêcher les mauvais effets d'une contraction inégale, sur les roues, est d'en courber les rais. Les parties courbées ordinairement sur le même cintre que la roue, commencent à la moitié de la longueur de ces rais. »

### *Des tourillons en fer forgé.*

« Le professeur *Robison* établit (1) que, pour une section de 6,4514 cent. carrés (1 *in.* carré), la force de cohésion du fer coulé est de 18031,9 kil. à 27197,8 kil. (40,000 à 60,000 *lb.*), et celle du fer forgé de 27197,8 à 40796,7 (60,000 à 90,000 *lb.*). En 1795 j'eus l'occasion de substituer des tourillons de fer forgé à des tourillons de fer coulé, et je fis quelques expériences sur ces métaux, desquelles je tire la conclusion suivante: *les tourillons de fer coulé et de fer forgé de mêmes dimensions sont capables, en pratique, de supporter moyennement sans fléchir, des charges proportionnelles aux nombres* 9 *et* 14. »

« En adoptant ce rapport comme se rapprochant assez de la vérité, on trouve de la manière suivante le diamètre qu'un tourillon en fer forgé doit avoir quand la pression latérale est donnée. Calculez d'abord en centimètres le diamètre que le tourillon de fer coulé doit avoir pour supporter la pression donnée en kilogrammes, par cette proportion; 3 est à 1 comme

(1) Encyclopédie britannique, article *Strength of materials*, 40.

Digitized by Google

la pression que doit supporter le tourillon de fer coulé exprimée en kilogrammes, est au cube du diamètre de ce tourillon mesuré en centimètres (1). Dites ensuite, 14 est au cube du diamètre du tourillon de fer coulé, comme 9 est au cube du diamètre du tourillon de fer forgé. Les racines cubiques des deux nombres trouvés donneront en centimètres les diamètres des deux espèces de tourillons.

» *Exemple.* La pression donnée étant 12288 kilogrammes, on a d'abord $3 : 1 = 12288 : \frac{12288}{3} = 4096$, cube du diamètre du tourillon de fer coulé exprimé en centimètres.

» La racine cubique de ce nombre donne, pour ce diamètre, 16 centimètres.

» On a ensuite $14 : 9 = 4096 : \frac{9 \times 4096}{14} = \frac{36864}{14} = 2633,1428$ cube du diamètre du tourillon de fer forgé présentant la même résistance que le précédent, exprimé aussi en centimètres.

» La racine cubique de ce nombre indique, pour ce diamètre, 13,8 centimètres. »

*Des supports des arbres.*

« Les pièces des *supports* (*bearings*) sur lesquelles les tourillons et les pivots des arbres se reposent et tournent immédiatement, sont nommées *coussinets* et *crapaudines* (*pillows*); on les appelle aussi quelquefois *cuivres* (*brasses*), parce que,

(1) *Buchanan* admet que la racine cubique du nombre qui exprime en *hundred weights* la pression à supporter, désigne en *inches* le diamètre du tourillon en fer coulé.

Il suit de là que la pression que peut supporter un tourillon de ce métal, et de 1 centimètre ou de 0,3937079 *inches* de diamètre, est égale à 3,0991 kilogrammes. Le traducteur a cru devoir, pour plus de simplicité, supposer cette pression de 3 kilogrammes seulement. La petite différence qui existera entre les diamètres réels des tourillons, calculés par la règle de Buchanan et par celle qui lui est substituée en mesures françaises, sera à l'avantage de la solidité des constructions.

pour diminuer le frottement, on les fait souvent avec ce métal.

» On loge généralement les coussinets dans des blocs ou pièces de fer coulé que l'on nomme *paliers* (*pillow block* et *plumber block*).

» A la manufacture de coton de Deanston, près de Down, une roue hydraulique a tourné pendant près de trente ans sur des coussinets de fer coulé, qui n'ont éprouvé durant tout ce long espace de temps, ni aucune usure, ni aucune disposition à l'échauffement.

» La surface du fer coulé, surtout lorsque ce métal en fusion a été versé dans des moules métalliques, est extrêmement dure, et l'on peut supposer avec raison que le fer coulé ferait de bons coussinets, comme cela a eu lieu dans l'exemple précédent. »

*Des beffrois des moulins.*

« Les parties mobiles des moulins occasionent par leur mouvement une vibration dans toutes les parties du beffroi, ce qui le détruit plus vite que la simple pression sur des charpentes.

» Outre cet ébranlement général, il est sujet à des secousses violentes et subites, provenant, soit d'une mauvaise action des roues, soit de mouvemens réciproques.

» Ainsi il doit non-seulement être assez fort et rigide, mais encore suffisamment lourd, pour avoir de la solidité et de la stabilité.

» Quand le beffroi des machines n'est pas ferme et bien consolidé, il vibre dans toutes ses parties, et ce mouvement dépense une portion considérable de la puissance motrice. Il est très-difficile de déterminer la valeur précise de cette perte de puissance; mais quel que soit le mouvement de vibration communiqué au beffroi ou aux objets qui sont en contact avec lui, il est évident qu'en faisant abstraction de l'élasticité des parties, tout ce mouvement est perdu pour l'effet que la machine produirait si ces parties en étaient rigides et bien liées entre elles. L'on doit remarquer qu'un bâtis solide, ferme, et dont les parties sont bien liées, est préférable à un bâtis lourd,

dont les différentes parties ne seraient pas aussi bien assemblées. Il est certain que le bâtis dans l'un ou l'autre cas peut être construit de maniere à être également solide; mais le bâtis lourd, par sa vibration, dépensera plus de puissance que celui qui est moins lourd et aussi solidement assemblé.

» Outre la *force*, *la roideur* et *la solidité*, il faut donner aux bâtis des moulins la propriété de pouvoir être *réparés facilement*, afin que si une de leurs parties a besoin d'être *réparée ou renouvelée*, on puisse l'enlever sans déranger les autres.

» Dans ces sortes de constructions, il est une chose à laquelle il faut apporter beaucoup d'attention. Les arbres ont souvent besoin d'être rétablis dans leur véritable position de laquelle ils ont pu être écartés, soit par l'usure, soit par le dérangement des pièces qui les supportent. Ainsi le bâtis ou beffroi doit être construit de manière à permettre la restauration des arbres et le redressement de leur position, quand cela devient nécessaire.

» Mais quoique les beffrois qui supportent les différentes parties des moulins et des machines doivent être rigides, il est avantageux que les parties sur lesquelles les axes reposent puissent être douées d'une légère vibration d'élasticité quand la machine est en mouvement. Cette vibration contribue beaucoup à diminuer le frottement. On doit observer de plus que les beffrois qui supportent les mécanismes doivent être, autant que possible, indépendans du bâtiment, parce que la vibration qu'ils lui communiquent toujours est très-préjudiciable à sa durée. »

---

# ADDITIONS

ET

# NOTES DIVERSES,

PAR P. M. N. BENOÎT, INGÉNIEUR CIVIL.

---

## NOTES SUR LES PRINCIPES ÉLÉMENTAIRES DE LA MÉCANIQUE.

1. Toute cause qui a pour résultat soit le *changement de place*, soit *l'altération de forme*, soit la *pression*, soit enfin la *traction* d'une portion quelconque de *matière*, isolée ou adhérente à un *corps* est désignée sous le nom de *force* ou *puissance*, quelle qu'en soit la nature intime, qui d'ailleurs nous est inconnue.

Le premier des effets signalés ci-dessus, pour la manifestation de l'action des forces, est celui que l'on a coutume de considérer sous le nom de *mouvement*, quand on veut comparer ces forces entr'elles, ou en mesurer l'*intensité*; d'abord parce qu'il est indépendant de la nature particulière de la matière que ces forces sollicitent, et parce que d'ailleurs les autres effets ne sont produits que lorsqu'un obstacle résiste au développement du mouvement.

2. On est convenu d'appeler *vitesse* le rapport de la longueur du *chemin* qu'un corps parcourt pour aller d'un endroit de l'espace dans un autre, au *temps* employé pour le parcourir. L'expression numérique de cette vitesse dépend donc du choix de deux unités de mesure, savoir : l'unité linéaire et



l'unité de temps. On prend pour celle-ci la seconde sexagésimale et le *mètre* pour la première; de sorte que la vitesse se trouve ainsi exprimée par un nombre abstrait.

3. Un corps qui n'est soumis à l'action d'aucune force est dit en *repos*; il serait également en repos ou mieux en *équilibre*, lorsque toutes les forces qui pourraient le solliciter auraient pour résultat de s'entre-détruire.

4. L'observation prouve qu'il est impossible à un corps *inanimé* ou *inerte*, en repos, de sortir par lui-même de cet état, c'est là une des propriétés de l'*inertie* de la matière.

5. On ne peut imaginer que deux espèces différentes de forces, savoir: celles qui n'agissent qu'un seul instant sur les corps et que l'on peut nommer pour cette raison *forces instantanées*; et celles dont l'action agit sur les corps sans interruption, et qui pourraient être appelées *forces motrices continues*. Parmi celles-ci on doit en distinguer de deux sortes, savoir: les forces dont l'intensité est toujours la même, et celles dont l'intensité varie à chaque instant. Ces dernières forces ont été surnommées *accélératrices constantes* et *accélératrices variables*, en tant qu'elles ont pour effet l'augmentation de la vitesse des corps; car, si ces forces diminuent au contraire cette vitesse, on les appelle *retardatrices constantes* et *variables*.

Si ces forces, sans troubler l'équilibre des corps, ne tendent qu'à les mettre en mouvement, elles prennent le nom de *pressions*.

On les nomme simplement *forces motrices*, lorsqu'elles agissent sur des corps dont la quantité de matière ou la *masse* est quelconque; afin de réserver la désignation de *forces accélératrices* ou *retardatrices* pour la partie de ces forces qui agit sur *l'unité de masse* des corps.

6. La nature nous offre des exemples de ces diverses forces; on peut effectivement regarder, jusqu'à un certain point, comme forces instantanées celles dont les effets se manifestent avec tant de rapidité dans le *choc* ou rencontre mutuelle des corps *durs* en mouvement; puisque le temps nécessaire au

développement des effets du choc de ces corps n'a qu'une durée infiniment courte.

*Les forces instantanées,* ou supposées telles, *sont proportionnelles aux vitesses qu'elles peuvent imprimer à un même corps.* La réalité de cette loi, la plus simple de toutes celles que l'on pourrait imaginer pour exprimer l'intensité de la force au moyen de la vitesse, est prouvée par l'observation des mouvemens des corps terrestres. C'est un fait d'expérience que, si deux corps animés de vitesses égales et uniformes, se meuvent sur une même droite, en faisant agir sur l'un d'eux et dans la direction de leur mouvement, une force instantanée quelconque, le mouvement relatif des deux corps est le même que s'ils eussent été primitivement au repos. C'est-à-dire que l'espace total décrit par le corps qui a été sollicité par la seconde force est égal à la somme algébrique des espaces que chacune des deux forces lui aurait fait parcourir séparément dans le même temps; ce qui ne saurait avoir lieu si les forces, agissant dans une même direction, ne se composaient pas simplement comme les vitesses.

*Les forces instantanées sont aussi proportionnelles aux quantités de matière ou masses des corps qu'elles peuvent animer d'un même degré de vitesse;* cela est évident, car chaque molécule de matière doit épuiser la même fraction de ces forces, pour acquérir un égal degré de vitesse.

7. Il résulte de ce qui précède que, les forces instantanées sont en raison composée des masses des corps qu'elles sollicitent, multipliées par les vitesses développées. En effet, représentant par $F$ et $f$ les forces considérées, par $M$ et $m$ les masses respectives des corps qu'elles sollicitent et par $V$ et $v$ les vitesses imprimées à ces corps, il est facile de concevoir une force $\varphi$ capable de donner à la masse $M$ une vitesse $v$ et alors d'après ce qui précède on aura les deux proportions

$$F : \varphi = V : v \quad \text{et} \quad \varphi : f = M : m$$

qui en les multipliant membre à membre fournisseut de suite, en supprimant le facteur commun $\varphi$,

$$F : f = MV : mv.$$

Les produits tels que *mv*, d'une masse par une vitesse, ont reçu le nom de *quantités de mouvement;* et l'on dit en conséquence que, *les forces instantanées sont proportionnelles aux quantités de mouvement qu'elles peuvent développer.*

8. L'observation des mouvemens des corps indique également cette seconde propriété de l'*inertie* de la matière, savoir, que quand un corps a été mis en mouvement par une force instantanée, il persévère à se mouvoir indéfiniment en ligne droite dans la direction de l'impulsion primitive, sans qu'il puisse par lui-même modifier en aucune manière le mouvement dont il a été animé; cette modification ne peut être opérée que par l'action d'une force étrangère.

La composition et la perpétuité des mouvemens des corps célestes démontre sur une plus grande échelle la vérité de cette loi de l'inertie, aussi bien que celle de la proportionnalité de la force à la vitesse.

9. Quant aux forces dont l'action est continuelle, il n'existe aucun corps dans la nature qui ne soit sollicité sans cesse par une force de ce genre, la *pesanteur* ou *gravitation universelle.* L'observation des mouvemens des corps célestes prouve de la manière la plus complète que, la force attractive qui retient les planètes dans leur orbite autour du soleil et les satellites autour de leurs planètes, agit en proportion directe des masses de ces corps et en proportion inverse du carré de leur distance au centre d'attraction; la pesanteur universelle est donc une *force accélératrice variable* en tant qu'elle fait mouvoir l'unité de masse.

En ne considérant l'action de la gravitation universelle que sur les corps terrestres, c'est-à-dire dans une très-petite étendue de l'espace, on lui donne le nom de *gravité,* et on regarde

Digitized by Google

son intensité comme n'éprouvant pas dans cette limite, et dans le même endroit du globe, une variation sensible. La gravité présente en effet dans un même lieu tous les caractères d'une *force motrice constante*.

10. L'action d'une force instantanée sur un corps, peut être considérée comme provenant de l'action d'une force motrice qui n'aurait agi sur ce corps que pendant un temps suffisant, après lequel elle l'aurait abandonné entièrement à lui-même.

Réciproquement on peut considérer l'action d'une force motrice comme le résultat d'une succession d'actions de forces instantanées, séparées par des intervalles de temps d'une durée infiniment petite; actions successives égales entre elles s'il s'agit d'une force accélératrice ou retardatrice constante, et inégales, s'il est question d'une force accélératrice ou retardatrice variable.

Ces manières de considérer les forces sont très-utiles, pour établir et simplifier les calculs de mécanique.

11. Lorsque durant des temps égaux un corps mobile parcourt des chemins ou espaces égaux, on dit que son *mouvement est uniforme*, parce que sa vitesse est alors toujours la même. Cette espèce de mouvement peut être le résultat immédiat soit de l'action d'une force instantanée, soit de l'abandon qu'une force motrice ferait d'un corps qu'elle aurait d'abord sollicité. Il peut aussi être produit médiatement par l'action d'une force motrice, dont l'effet accélérateur serait incessamment épuisé par une résistance étrangère que le corps éprouverait dans son mouvement; et telle est la manière dont se produisent les mouvemens uniformes que nous offrent soit les arts, soit la nature.

L'équation du mouvement uniforme est $V = \frac{E}{T} =$ constante.

$E$ désignant l'espace parcouru durant un temps $T$, et $V$ la vitesse correspondante.

12. On arrive à la mesure des *forces accélératrices constantes* en considérant que, si l'unité de masse est soumise à leur action

pendant un certain intervalle de temps, les vitesses qu'elle aura acquises à la fin de ce temps se composeront de la somme des vitesses élémentaires produites par la série non-interrompue de petites impulsions instantanées qu'on peut supposer avoir été reçues par cette masse pendant ce temps. Ces vitesses finales seront donc proportionnelles aux vitesses élémentaires, et par conséquent aux forces accélératrices constantes elles-mêmes, dont elles fournissent ainsi la mesure, en ne laissant agir celles-ci que pendant l'unité de temps.

Or on sait par expérience que la vitesse imprimée aux corps terrestres par la gravité est après une seconde d'action de cette force $9^{m},8088$, de sorte qu'en désignant cette vitesse par $g$ comme on est dans l'usage de le faire et en prenant la gravité pour unité de mesure des forces accélératrices, on aura

$$F = \frac{G}{g}$$

pour l'expression de l'intensité d'une force accélératrice constante $F$ capable d'animer l'unité de masse d'une vitesse $G$, après une seconde d'action.

En général, si $V, V'$, représentent les vitesses acquises par deux masses $M, M'$, soumises pendant des temps $T, T'$, à l'action des forces motrices constantes $F, F'$, on aura

$$F : F' = \frac{MV}{T} : \frac{M'V'}{T'}$$

c'est-à-dire que *les forces motrices constantes sont en raison directe des quantités de mouvement qu'elles impriment, et en raison inverse des temps employés pour les communiquer.*

13. L'espèce de mouvement qu'une force motrice constante imprime à un corps soumis à sa seule influence est désignée sous le nom de *mouvement uniformément accéléré;* tel est celui des corps qui tombent dans le vide à la surface de la terre. Nous venons de voir que *la vitesse acquise par un corps*

*soumis à une force motrice constante est proportionnelle à la durée du temps écoulé depuis l'origine du mouvement ;* c'est-à-dire que, si $V$ et $V'$ représentent les vitesses acquises à la fin des temps $T$ et $T'$, on a $V : V' = T : T'$.

On peut déduire de cette relation celle qui existe entre les espaces $E, E'$, parcourus durant les temps $T$, $T'$. Il faut remarquer pour cela que, pendant une très-petite fraction $t$ de ces temps, le mouvement du corps peut être considéré comme uniforme, de sorte que si $e$ représente l'espace parcouru, on a, en désignant par $v$ la vitesse correspondante, $v = \frac{e}{t}$, d'où $e = vt$.

Si donc on imagine une droite divisée en petites portions égales entre elles et représentant les élémens du temps $T$, en menant par tous les points de division des lignes droites dont les longueurs représentent les vitesses qui animent le corps aux divers instans considérés, les extrémités de ces lignes seront situées sur une ligne droite, et l'on aura formé de cette manière un triangle rectangle divisé en petites bandes élémentaires qui, ayant chacune pour mesure le produit de l'élément de temps multiplié par la vitesse à l'instant correspondant, représenteront les élémens de l'espace que la force accélératrice constante fait décrire. Ainsi cet espace relatif au temps $T$ aura pour expression la surface entière du triangle ; mais celle-ci est égale à la moitié du produit de sa base par sa hauteur, produit qui n'est que celui des temps par les vitesses finales, c'est-à-dire que $E = \frac{VT}{2}$.

On a de même, à une autre époque du mouvement $E' = \frac{V'T'}{2}$ et par conséquent $E : E' = VT : V'T'$ ; mais $VT' = V'T$ donc en combinant ces deux équations, il vient :

$$E : E' = V^2 : V'^2 = T^2 : T'^2$$

Ainsi, *dans le mouvement uniformément accéléré, les espaces*

*décrits par le corps mobile, à partir de l'origine du mouvement, sont proportionnels aux carrés des temps employés à les parcourir*, ou encore *aux carrés des vitesses acquises à la fin de ces temps.*

14. En désignant par $e''$ l'espace parcouru pendant la première seconde de temps, et par $v''$ la vitesse acquise à la fin de cette seconde, on a

$$V1'' = v''T \qquad E = \frac{1}{2}VT \quad \text{et} \quad e'' = \frac{1''}{2}v''.$$

Ces trois équations renferment cinq quantités, et sont telles qu'il faut en connaître trois, pour en déduire par le calcul les valeurs des deux autres.

Si on connaît $e''$, $v''$ et $T$ on a

$$E = v''\frac{T^2}{2.1''} \qquad V = \frac{T}{1''}v''$$

Si on donne $e''$, $v''$ et $V$

$$E = \frac{V^2\ 1''}{2\ v''} \qquad T = \frac{V}{v''}\ 1''$$

Si enfin $e''$, $v''$ et $E$ sont connus

$$T = \sqrt{\frac{2\ E\ 1''}{v''}} \qquad V = \sqrt{\frac{2\ v''\ E}{1''}}$$

Si au lieu d'introduire $v''$ on voulait partir de $e''$, on aurait

$$E = e''\frac{T^2}{1''.1''} \qquad V = 2\ \frac{T}{1''}\frac{e''}{1''}$$

$$E = \frac{V\ 1'.\ 1''}{4\ e''} \qquad T = \frac{V\ 1''}{2\ e''}\ 1''$$

$$T = 1''\sqrt{\frac{E}{e''}} \qquad V = \sqrt{\frac{4\ e''\ E}{1''.1''}}$$

Ces formules sont l'expression algébrique de toutes les *lois du mouvement uniformément accéléré*.

15. Ainsi qu'on l'a dit précédemment, la *gravité* ou force qui à la surface du globe précipite vers le centre de la terre les corps abandonnés à eux-mêmes est une force motrice constante. Les observations qui ont amené à cette conclusion ont fait voir que, dans le vide, l'espace parcouru par tous les corps indistinctement, pendant la première seconde de leur chute, est de $4^{m},9044$.

La vitesse acquise à la fin de la première seconde est donc le double $9^{m},8088$ de cet espace, et on la désigne généralement par la lettre $g$, de sorte qu'en nommant $h$ la hauteur de la chute ou l'espace parcouru pendant le temps $t$, et $v$ la vitesse finale, les équations générales du mouvement de la chute des corps graves prennent les formes suivantes :

$$v\,1'' = g\,t \qquad h = \frac{1}{2}\,v\,t$$

qui comportent :

$$v^2 = \frac{2}{1''}\,gh \qquad h = \frac{1}{2}\,g\,\frac{t^2}{1''}$$

on appelle $v$, *vitesse due à la hauteur* $h$, et $h$, *hauteur génératrice de la vitesse* $v$. C'est d'après ces formules que l'on a calculé les *tables des vitesses dues*, que l'on trouve dans divers auteurs.

Il résulte de ce que $2h = vt$ que si, après être tombé durant un temps $t$, un corps était abandonné à lui-même par la gravité, il prendrait une vitesse constante en vertu de laquelle il parcourrait pendant un temps égal un espace représenté par $vt$, et par conséquent double de la hauteur $h$ de la chute.

16. En multipliant terme à terme les deux proportions

$$F : F' = \frac{MV}{T} : \frac{M'V'}{T'} \quad \text{et} \quad E : E' = VT : V'T'$$

obtenues précédemment, il en résulte :

$$FE : F'E' = MV^2 : M'V'^2$$

Si donc on convient d'appeler *force vive d'un corps, le produit de sa masse multipliée par le carré de la vitesse qu'il possède actuellement.*

Comme *les produits d'une force motrice par l'espace que parcourt son point d'application, est la mesure de la quantité que l'on est convenu de nommer action mécanique développée par cette force.*

La proportion trouvée signifie que, *les quantités d'action mécanique développées par des forces motrices constantes durant des temps quelconques, sont proportionnelles aux forces vives acquises à la fin de ces temps.*

17. Soit $P$ le poids d'un corps soumis à la gravité pendant qu'il fait une chute dont la hauteur est $H$ : la vitesse $V$, acquise au pied de la chute, est telle qu'en n'écrivant plus la seconde prise pour unité de temps, on a, $V^2 = 2\,g\,H$.

Mais la quantité d'action mécanique dépensée est $PH$, ou bien par suite de l'équation précédente $P\dfrac{V^2}{2\,g}$, de sorte que

l'on peut écrire : $\dfrac{1}{2}\,\dfrac{P}{g}\,V^2 = PH$

Pour un autre corps et une autre force motrice constante on aurait de même :

$$\frac{1}{2}\,\frac{P'}{g'}\,V'^2 = P'H'.$$

et par conséquent :

$$PH : P'H' = \frac{P}{g}\,V^2 : \frac{P'}{g'}\,V'^2$$

En comparant cette proportion avec celle obtenue plus haut

on voit que les rapports $\frac{P}{g}$, $\frac{P'}{g'}$, ne sont autre chose que les *masses* des corps qui, soumis aux forces motrices constantes considérées, manifestent les poids $P$ et $P'$.

Ainsi on peut dire que, *la masse d'un corps soumis à l'influence d'une force motrice constante, est le rapport du poids de ce corps à l'espace que cette force lui fait parcourir durant la première seconde de mouvement.*

L'équation trouvée d'abord signifie donc que, *la quantité d'action mécanique dépensée par la gravité pour produire la chute des corps, est numériquement égale à la moitié de la force vive développée au bas de la chute.*

18. Cette égalité aurait lieu pour toute autre force motrice constante, car si un homme par exemple, au lieu d'exercer un effort ou action invariable $P$ contre une résistance qui parcourt uniformément un chemin $H$, agissait sur une certaine masse libre $M$ et pouvait la suivre dans son mouvement accéléré, quand cette masse aurait parcouru le chemin $H$, sa vitesse acquise $V$ serait telle que l'on aurait suivant le n° 12 et d'après ce qui vient d'être démontré.

$$MV^2 = 2PH$$

C'est donc un travail identique pour une force motrice, soit de livrer une certaine quantité d'action mécanique à une machine dont le mouvement ne s'accélère pas, à cause de la résistance qu'elle éprouve dans l'accomplissement de ses fonctions; soit de communiquer à un corps libre une certaine force vive. C'est sous ce point de vue qu'il faut entendre cette définition de *Montgolfier*, *la force vive est celle qui se paie.*

19. L'intensité de la pesanteur variant d'un lieu à un autre, il en résulte qu'un même corps varie de *poids* quand il est transporté d'un endroit du globe à un autre, quoique la quantité de matière de ce corps ou sa *masse* reste toujours la même. Ainsi la masse des corps est bien proportionnelle à leurs poids dans le même endroit du globe, mais ne l'est pas à leurs

poids observés dans des lieux différens; il n'est donc point surprenant qu'il y ait inégalité entre les poids et les masses.

Mais si l'on désigne par $g$ et $g'$ la valeur de la vitesse acquise par les corps, à la fin de la première seconde de leur chute dans deux endroits différens du globe, et par conséquent aussi l'intensité dont la gravité jouit en ces lieux, on a, $p$ et $p'$ désignant les poids d'un même corps.

$$p : p' = g : g' \quad \text{d'où} \quad \frac{p}{g} = \frac{p'}{g'}.$$

D'après le n° 17, ces rapports exprimant la *masse* du corps, on voit qu'elle reste la même, comme cela doit être.

20. Soit $F$ une force instantanée, quelconque, pouvant imprimer la vitesse $V$ à un corps dont le poids est $P$ kilogrammes et $\varphi$ l'intensité de la force résultant de l'action de la gravité sur un kilogramme de matière situé à la surface du globe, et capable ainsi, comme on sait, de lui donner après une seconde de temps une vitesse finale $9^m,8088$ que je représenterai toujours par $g$. Il est clair qu'une force $P\varphi$ pourrait communiquer au corps $P$, cette même vitesse $g$, au bout d'une seconde d'action; on aura donc :

$$F : \varphi P = V : g \quad \text{d'où résulte :} \quad F = \varphi P \frac{V}{g}$$

et en prenant la force $\varphi$, c'est-à-dire la pression qu'un kilogramme de matière exerce sur tout corps qui s'oppose à sa chute, pour unité de mesure des forces, la valeur précédente se réduit à

$$F = \frac{P}{g} V$$

équation qui prouve que *la force instantanée est égale à la quantité de mouvement qu'elle produit.*

*Principe général de l'équilibre, ou des vitesses virtuelles.*

21. Lorsqu'un système quelconque de points matériels, liés entre eux d'une manière quelconque, est sollicité par des forces telles que ce système reste en équilibre, on peut cependant

imaginer que cet équilibre est infiniment peu troublé pendant un instant. Par suite de ce dérangement le point d'application de chaque force décrira un petit *chemin virtuel*, et si l'on projette ce chemin sur la direction de la force, la somme algébrique des produits ou *momens virtuels* que l'on formera en multipliant toutes les forces par les projections correspondantes, sera nulle.

Réciproquement, si pour tous les petits dérangemens que l'on peut donner à un système de points liés entre eux d'une manière quelconque, et sollicité par des forces connues, la somme algébrique des *momens virtuels* est nulle, ce système restera en équilibre.

Si l'on donne le signe plus aux momens virtuels, lorsque le chemin décrit par le point d'application de la force est parcouru dans le sens de son action particulière, on leur donnera le signe moins quand ce chemin rebroussera.

Le principe des vitesses virtuelles n'est qu'une extension de la condition d'équilibre commune à toutes les *machines simples*; c'est par induction que les géomètres l'ont d'abord établi. Les limites de ces notes ne comportant pas l'exposé des démonstrations générales qui en ont été données depuis, je me bornerai à son simple énoncé. J'agirai de même pour les autres principes généraux de mécanique qui se trouvent dans le même cas, et pour la démonstration desquels le lecteur pourra consulter les *Leçons de mécanique de M. de Prony*; le *Traité élémentaire de mécanique de M. Poisson*, etc.

### *Du choc des corps en général.*

22. Lorsqu'un corps en mouvement vient frapper un autre corps en repos, il agit contre ce dernier avec *une force de percussion* qui peut être regardée comme instantanée, et qui, n° 20, *a pour mesure la quantité de mouvement du corps mobile*, c'est-à-dire le produit de sa masse par la vitesse de son centre de gravité.

Le point par lequel cette force de percussion transmet son effet au corps choqué, est le point de contact des deux corps ;

et la direction de cette transmission étant évidemment donnée par la normale commune aux surfaces des corps en ce point, la force totale de percussion n'agira sur le corps en repos que quand cette normale passera par le centre de gravité du corps mobile. Lorsque cette condition n'aura pas lieu la composante de cette force totale, parallèle à la normale commune, sera la seule partie de la force de percussion qui agira sur le corps en repos.

*Du choc des corps durs.*

23. Voici les lois qui régissent le choc des corps durs :

Lorsque deux corps sphériques parfaitement durs se mouvant d'un mouvement uniforme quelconque, sur la ligne de leurs centres, viennent à se choquer, ces deux corps restent juxtaposés, et leur quantité de mouvement après le choc est égale à la somme algébrique des quantités de mouvement dont ils étaient animés avant le choc ; c'est-à-dire que les quantités de mouvement particulières aux corps s'ajoutent s'ils vont dans le même sens, et se retranchent l'une de l'autre s'ils vont dans des sens contraires.

Il résulte de là que la vitesse du centre de gravité du système des deux corps avant le choc, n'en est point altérée, et qu'elle se conserve après le choc telle qu'elle existait avant.

Mais la force vive des corps durs après le choc, est moindre que la somme des forces vives qui avaient lieu avant le choc.

*Choc des corps élastiques.*

24. Si un corps doué d'élasticité va frapper à angles droits un plan invincible parfaitement dur, ce corps se déprime contre le plan, et l'élasticité ou ressort de ses molécules lui faisant reprendre sa forme primitive en passant à l'inverse par tous les degrés de dépression qu'il a éprouvés, il en résulte que s'il est parfaitement élastique, au moment où il aura recouvré sa forme primitive, il aura par cela même repris la vi-

tesse qu'il possédait avant le choc, mais en sens contraire de son mouvement primitif. Si l'élasticité du corps est imparfaite, la vitesse qu'il retrouve n'est qu'une fraction plus ou moins grande de sa vitesse à l'instant du choc.

Si une sphère élastique telle qu'une bille de billard frappe sous un angle quelconque un plan invincible comme la bande de ce billard, par exemple, l'angle sous lequel la sphère prend sa direction après le choc est égal à l'angle d'incidence.

25. Voici les lois qui régissent le choc des corps sphériques élastiques, se mouvant sur la ligne de leurs centres.

La quantité de mouvement de ces corps après le choc est algébriquement égale à celle qu'ils possédaient auparavant.

La vitesse du centre de gravité des sphères élastiques après le choc, reste la même qu'elle était avant qu'il n'eût lieu.

Ces deux lois sont communes au choc des corps durs et des corps élastiques; mais ce qui caractérise celui-ci, c'est que la force vive après le choc est entièrement conservée; c'est-à-dire que ce choc ne fait éprouver aucune diminution à la somme des forces vives que les corps possédaient antérieurement.

Si deux sphères élastiques vont à la rencontre l'une de l'autre, elles rebroussent après le choc, et font une échange mutuel de vitesse.

Cet échange de vitesse a lieu dans tous les cas, de sorte que, si l'une des sphères était au repos avant le choc, c'est elle seule qui se mouvrait après et la sphère qui l'aurait choquée resterait au repos.

*Du mouvement circulaire uniforme.*

26. Je suppose qu'un point matériel doive parcourir uniformément le contour *abcde* etc., *fig.* 219, d'un polygone régulier quelconque. Pour que cela ait lieu, il faut d'abord qu'au départ de *a* il soit mis en mouvement par une force dirigée suivant le côté *ab*; mais si cette force agissait seule, le point matériel

continuerait à se mouvoir uniformément vers $c' d''$, dans le prolongement de ce côté *ab*. Il faut donc qu'en arrivant au sommet *b*, ce point matériel y soit soumis à l'action d'une force dirigée vers le centre *o* du polygone, qui le dévie du chemin $bc'$ qu'il parcourrait en vertu de sa vitesse initiale, pour le diriger sur *bc*. Si donc je prolonge ce côté *bc* d'une quantité *bf* égale à lui-même, en conduisant les deux droites *bg*, *fg* respectivement parallèles à *af* et *ab*, je formerai un parallèlogramme *abgf*, qui indique que la force qui fera arriver le point matériel en *c* au même instant qu'il aurait parcouru $b\,c' = ab$, est représentée en grandeur et en direction par la droite *gb*; si l'on prend *ab* pour représenter l'intensité de la force initiale.

Mais les deux triangles isoscèles *obc*, *f bg* étant semblables : on a $bg : bc = fb : bo$, d'où il résulte $gb = \frac{(ab)^2}{bo}$ parce que $fb = bc = ba$.

Arrivé en *c* le point matériel, pour prendre la direction *cd*, devra y recevoir l'impulsion d'une force $co''$ égale à la précédente *gb*, dirigée comme elle vers le centre *o*, et ainsi de suite à chaque sommet du polygone considéré.

27. Dans ce qui précède, je n'ai fait aucune hypothèse sur le nombre de côtés du polygone *abcd*; donc ce que j'ai démontré s'applique au cas où les côtés *ab*, *bc*, etc., seraient infiniment petits, et par conséquent en nombre infini, c'est-à-dire au cas où le polygone régulier dégénérerait en une circonférence de cercle. Dans ce cas seulement, les forces telles que $bo'$ $co''$, etc., seraient en nombre infini, et leurs impulsions ne seraient séparées que par des intervalles de temps infiniment petits; ou en d'autres termes. n° 10, le point matériel serait soumis à l'action d'une force accélératrice constante, dirigée vers le centre du cercle, et que l'on appelle, pour cela, *force centrale* ou *centripète*.

Cette force, d'après la formule trouvée, *égale le carré de la force tangentielle divisé par le rayon du cercle décrit.*

Il est clair que le point matériel, en vertu de l'action de la force qui l'a d'abord mis en mouvement, oppose en sens

Digitized by Google

contraire à l'action de la force centrale, une résistance qui est égale à celle-ci, et que l'on désigne par le nom de *force centrifuge*. Ce ne peut être en effet qu'en vertu de l'égalité de ces deux forces, que le point matériel reste à une distance invariable du centre de rotation.

28. La *vitesse tangentielle* $V$ est évidemment égale à un certain arc $a$ du cercle décrit, divisé par le temps $t$ mis à le parcourir. Ainsi $V = \frac{a}{t}$.

Si donc on représente par $T$ le *temps périodique*, c'est-à-dire le temps nécessaire pour une révolution entière du point matériel, dans le cercle dont $R$ est le rayon, on a $V = \frac{2\pi R}{T}$

En divisant l'arc $a$ par le rayon $R$, on a l'angle au centre $\alpha$ soutendu par l'arc $a$ ainsi $\alpha = \frac{a}{R}$, expression qui, en substituant pour $a$ la valeur prise dans l'équation précédente, revient à $\alpha = \frac{V}{R} t$.

On appelle *vitesse angulaire* le rapport de $\alpha$ à $t$, en désignant cette vitesse par $\Omega$, on a donc $\Omega = \frac{V}{R}$.

29. Comme les forces centrale et tangentielle, appliquées au même mobile, sont proportionnelles aux vitesses quelles sont capables de lui communiquer, savoir: $C$ que je choisis pour exprimer la première, et $V$ déjà employé pour désigner la seconde, On a d'après l'égalité énoncée plus haut $C = \frac{V^2}{R}$; et par suite

de ce qui précède $C = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ ou $C = \frac{2\pi V}{T}$

et en général $C = \frac{a^2}{Rt^2}$

30. Pour d'autres élémens du mouvement circulaire désignés par les mêmes lettres minuscules, des équations semblables aux précédentes existeront, de sorte que l'on aura les proportions

$$\Omega : \omega = \frac{V}{R} : \frac{v}{r} \qquad V : v = \frac{R}{T} : \frac{r}{t} \qquad C : c = \frac{V^2}{R} : \frac{v^2}{r}$$

dont les deux dernières comportent celles-ci

$$C : c = \frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2} \qquad C : c = \frac{V}{T} : \frac{v}{t}$$

Ces diverses formules et proportions renferment toutes les lois du mouvement circulaire, et peuvent être facilement traduites en langage ordinaire.

*Des pendules simple et composé.*

31. Si un point matériel pesant est supposé librement suspendu à un point fixe par un fil inextensible, il constitue un *pendule simple*. En écartant ce point matériel de la verticale du point de suspension, il y reviendra par l'effet de l'action de la gravité ; mais en vertu de la vitesse acquise il dépassera cette verticale pour y revenir de nouveau, en faisant ainsi une série d'oscillations qui, si elles ont très-peu d'étendue, seront *isochrones* ou faites dans des temps égaux.

Cela est facile à démontrer, car, si l'on imagine le point matériel en une position quelconque *a fig.* 220., sur l'arc de cercle, *a i p* qu'il parcourt autour du point de suspension *O*, en décomposant la force de la gravité *ab* qui l'y sollicite en deux autres, passant, l'une *ac* par le point de suspension *O*, et l'autre *a d* suivant la tangente au point *a* de l'arc de cercle qui sera parcouru ; la résistance du point de suspension détruira la première composante, et le pendule n'obéira qu'à la seconde. Mais l'angle *bad*, compris entre la tangente mentionnée et la direction de la gravité qui sollicite le point matériel *a*, est le complément de la moitié de l'*amplitude aOp*, de l'oscillation du pendule ; moitié qui est

représentée par l'angle $aOi$, que fait avec la verticale $Oi$ du point de suspension $O$, la direction du fil $Oa$ qui aboutit à la position considérée du pendule simple.

Si donc $m$ est la masse du point matériel, et $2\omega$ l'amplitude $aOp$ de l'oscillation à faire, la composante $f$ qui agira sur ce point sera donnée par la proportion $f : mg = \sin\omega : 1$, le rayon des lignes trigonométriques étant l'unité.

Pour une autre position $e$, du point matériel, on aura de même $f' : mg = \sin\omega' : 1$ ; d'où résulte que, dans tous les cas $f : f' = \sin\omega : \sin\omega'$.

Si donc les amplitudes $2\omega$, $2\omega'$, sont assez petites pour que les arcs $\omega$, $\omega'$ ne diffèrent pas sensiblement de leurs sinus, on voit que les forces $f$, $f'$ seront proportionnelles à ces arcs ou aux amplitudes ; donc les arcs $aip$, et $diq$, réellement décrits par le point matériel, seront parcourus en temps égaux, c'est-à-dire que *les petites oscillations du pendule simple sont isochrones.*

33. Il résulte de là qu'en *considérant deux pendules simples de différente longueur, les durées de leurs oscillations isochrones sont proportionnelles aux racines carrées de ces longueurs.*

En effet, soient $P$ et $p$ les points matériels qui constituent les pendules oscillant autour du point $O$ de suspension ; en écartant ces deux pendules de la verticale $OI$ d'une même quantité angulaire, et en menant les horizontales $PH$ $ph$, les lignes $HI$, $hi$, indiqueront les hauteurs dont les points matériels $P$, $p$, seront réellement tombés pendant une demie oscillation ; en désignant donc par $T$, $t$, les durées des oscillations ; celles des chutes seront $\frac{T}{2}$ et $\frac{t}{2}$. Mais lorsqu'un corps grave glisse sur un plan incliné, la gravité qui le sollicite est diminuée dans le rapport de la hauteur à la longueur de ce plan incliné ; donc ici les deux points matériels $P$, $p$, seront soumis, dans leur descente sur les arcs semblables $PQI$, $pqi$, à une succession semblable de forces accélé-

trices, qui auront la même intensité pour des distances angulaires égales, à partir de la verticale $OI$; ainsi les espaces parcourus, qui sont proportionnels aux longueurs $OP$, $op$, des pendules que je désignerai par $L$ et $l$, seront proportionnels aux carrés des temps; ainsi $L : l = \left(\frac{T}{2}\right)^2 : \left(\frac{t}{2}\right)^2$ ou comme je l'ai énoncé $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$

34. On démontre, dans les ouvrages cités, que la durée des petites oscillations d'un pendule simple est au temps qu'un corps grave mettrait à tomber d'une hauteur double de la longueur du pendule, comme la moitié de la circonférence du cercle est à son diamètre, proportion qui conduit à

$$t = 3,14159\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Cette équation lie la longueur $l$ du pendule au double $g$ de l'espace que la gravité fait parcourir aux corps terrestres, pendant la première seconde de la chute, et peut servir ainsi à calculer une de ces quantités d'après l'observation de l'autre.

La longueur du pendule qui à l'Observatoire de Paris, dans le vide et au niveau de la mer, bat la seconde sexagésimale, est égale à $0^m,993839$; le mètre ne diffère donc que d'environ 6 millimètres du pendule à secondes.

35. Abstraction faite de la résistance de l'air atmosphérique, une balle de plomb, suspendue à un fil de soie très-fin, peut donner une représentation plus ou moins parfaite du pendule simple; on se sert d'un tel pendule à défaut de montre à secondes, pour les observations qui n'ont pas besoin d'une précision extrême.

On emploie toujours dans les arts des *pendules composés*, c'est-à-dire formés avec des corps suspendus librement par un de leurs points. Quel que soit le pendule composé que l'on considère, il est évident qu'il est toujours possible d'imaginer un certain pendule simple *synchrone* avec lui, c'est-à-dire faisant ses petites oscillations dans la même durée de temps,

Le point qui, sur la ligne passant par le centre de gravité et par le point de suspension du pendule composé, se trouve à une distance de ce dernier point égale à la longueur du pendule simple correspondant, se nomme *centre d'oscillation* du pendule composé. C'est à ce point que toute la masse de ce pendule devrait être réunie pour le transformer en pendule simple synchrone, ou faisant le même nombre d'oscillations dans un temps donné.

Le centre d'oscillation est évidemment le *centre de percussion* du pendule composé, c'est-à-dire le point par lequel ce pendule en mouvement devrait frapper un autre corps, pour lui communiquer la plus grande quantité de mouvement possible.

37. On démontre, dans les traités de mécanique cités, que la longueur $l$ du pendule simple synchrone à un pendule composé est donnée par la formule $l = a + \frac{k^2}{a}$ dans laquelle $a$ exprime la distance du centre de gravité de ce pendule à son axe de suspension, et $k^2$ le quotient du *moment d'inertie* de la masse du pendule composé pris par rapport à un axe parallèle au précédent et passant par le centre de gravité, divisé par cette masse.

On appelle *moment d'inertie* d'un corps pris par rapport à un axe la somme de tous les produits que l'on peut faire en multipliant tous les élémens matériels de ce corps, par le carré de la distance à laquelle ils se trouvent de cet axe.

Quand on forme un pendule avec une balle de plomb suspendue à un fil très-léger, on a, en négligeant le poids de ce fil, et en représentant par $r$ le rayon de la balle,

$l = a + 0{,}4 \frac{r}{a} r$, formule qui donne le moyen de calculer l'erreur que l'on commet en prenant $a$ pour $l$.

*Principe général du mouvement, dû à d'Alembert.*

38. Si l'on considère un système de points matériels, liés en-

tr'eux d'une manière quelconque, et sollicités chacun par une force particulière; ces points n'obéiront pas à ces forces comme s'ils étaient libres, mais en vertu du mode de liaison auquel ils sont soumis, ils prendront chacun une vitesse et une direction particulières.

En appliquant donc à chacun de ces points matériels une nouvelle force capable de lui imprimer une quantité de mouvement égale et opposée à celle qui a lieu, il est évident que, par cela seul, ce nouveau système de forces fera équilibre au premier en vertu de la liaison des points matériels considérés. Ce principe est si fécond que l'illustre *Lagrange* en a fait la base de sa *Mécanique analytique.*

*Principe de la conservation du centre de gravité.*

39. Un système de corps qui ne renferme aucun point fixe ne peut altérer par lui-même le mouvement de son centre commun de gravité.

Ce principe a lieu, quelles que soient les actions réciproques des corps du système, par suite soit de leur liaison, soit de leur attraction ou répulsion naturelle ou artificielle. Le centre de gravité commun au système se meut comme si les masses de tous les corps y étaient réunies, et comme si toutes les forces motrices y étaient appliquées parallèlement à elles-mêmes.

*Principe de la conservation des aires.*

40. Si un système de points matériels liés entre eux d'une manière quelconque, mais non avec des points fixes, ne sont soumis à d'autres forces accélératrices qu'à celles qui résultent de leur attraction mutuelle, la somme algébrique des aires décrites par les *rayons vecteurs* de ces points, autour d'un point quelconque choisi, augmente proportionnellement au temps employé pour les décrire.

Si le système de points matériels contient un point fixe, exerçant ou non une action attractive ou répulsive sur les

autres points du système, le principe de la conservation des aires n'a lieu qu'en choisissant ce point pour départ des rayons vecteurs.

S'il existe deux points fixes dans le système de points matériels considérés, le principe des aires n'aura lieu que lorsque le point de départ des rayons vecteurs sera situé sur la ligne droite qui joint les deux points fixes, et que les aires seront comptées sur un plan perpendiculaire à cette ligne.

*Principe de la conservation des forces vives.*

41. Si un système de corps durs, liés entr'eux ou à des points fixes d'une manière quelconque, sont soumis à des forces attractives ou répulsives émanant soit d'eux-mêmes, soit de points fixes étrangers au système, la somme des forces vives restera la même tant que le système n'éprouvera point de choc.

Si les corps du système sont élastiques, la somme des forces vives sera la même malgré les chocs qu'ils pourront se donner, toutes les fois que le système repassera par les mêmes positions.

42. Il résulte de ce principe un théorème qui n'est que la généralisation de la relation que nous savons exister entre la force vive d'un corps à un instant quelconque de sa chute et la quantité d'action mécanique dépensée par la gravité, depuis l'origine du mouvement : en voici l'énoncé.

Si plusieurs forces accélératrices quelconques agissent sur un corps et lui impriment le mouvement, la force vive acquise par ce corps après un certain temps est toujours numériquement égale au double de la somme des quantités d'action mécanique que ces forces lui ont livrées pendant le même temps.

La valeur de la vitesse du corps à un instant quelconque ne dépend que de l'intensité des forces qui l'ont sollicité et de l'espace qu'il a parcouru suivant les directions de ces forces,

peu importe la durée de son mouvement, la forme de la courbe parcourue et la vitesse pendant le trajet.

Ce théorème s'applique également à un système de points matériels, quel que soit le mode de leur liaison, pourvu qu'il soit indépendant du temps, et que ces points décrivent des courbes continues.

*Théorème de Carnot.*

43. Lorsqu'un système de corps durs en mouvement éprouve un changement brusque de vitesse, il en résulte une diminution dans la force vive du système, égale à la somme des forces vives dues aux vitesses perdues par les corps qui composent ce système.

## Du Frottement.

44. Lorsqu'un corps en mouvement glisse sur un autre corps soit mobile, soit au repos, il en éprouve une espèce de résistance que l'on a nommée *frottement.* Il est clair que l'expérience a pu seule conduire à la découverte des lois qui régissent le frottement, ainsi qu'à l'expression de sa valeur numérique. C'est principalement à *Coulomb* que l'on est redevable de l'appréciation exacte de cette résistance, qu'il a déterminée par des expériences variées, *Vince, Rennie,* et tout récemment George *Rennie,* ont vérifié ces expériences et y en ont joint de nouvelles très-intéressantes ( voyez les *Annales de l'Industrie* pour 1829, tom. 4 ). Quoique les résultats auxquels ces savans sont parvenus prouvent que le frottement a bien moins d'intensité qu'on ne le supposait antérieurement dans le calcul des machines, il n'en est pas moins vrai que ce frottement est une résistance assez considérable pour influer de la manière la plus sensible sur les conditions d'équilibre, et sur le mouvement des machines ; de sorte que, dans l'état de repos, le moteur et la résistance peuvent varier en plus ou en moins, entre certaines limites, sans que cet état soit changé. Les conditions que la théorie indique, soit pour l'équilibre des machines simples, soit pour les proportions dans

lesquelles ces machines doivent transmettre un effort qui leur est confié, ne sont réellement pas celles qui ont lieu dans la pratique.

45. Le frottement qui détruit tant de puissance est pourtant utilisé pour bien des choses en mécanique; les courroies et les cordes, par exemple, dont on se sert avantageusement pour transmettre le mouvement au lieu de roues d'engrenage, ne doivent leur emploi qu'au frottement qui les empêche de glisser sur les poulies ou tambours qui les reçoivent; les freins modérateurs, les amarres sans nœuds, les nœuds eux-mêmes, etc., sont autant d'utilisations du frottement.

46. Une manière fort simple de calculer la valeur du frottement est d'incliner les surfaces planes frottantes, jusqu'au point de déterminer le glissement du corps supérieur sur celui qui forme plan incliné. On est convenu de nommer *angle du frottement* l'angle avec l'horizon, ainsi observé; en le désignant par $\varphi$, et appelant $P$ le poids qui presse la surface supérieure sur la surface inférieure, on a, $P \cos. \varphi$ pour la pression normale aux surfaces frottantes, et $P \sin. \varphi$ pour la valeur de l'effort qui surmonte le frottement. Donc le rapport $f$ du frottement à la pression est exprimé généralement par

$$f = \frac{P \sin. \varphi}{P \cos. \varphi} \text{ ou simplement } f = \text{tang. } \varphi.$$

En d'autres mots, ce rapport est le même que celui de la hauteur du plan incliné à sa base.

47. Dans son mémoire, *Coulomb* a donné le rapport de la pression au frottement; mais pour le calcul des machines c'est au contraire le *rapport du frottement à la pression*, qu'il est plus commode d'employer. Aussi M. *Navier*, dans ses notes sur *Bélidor*, en résumant les résultats des expériences de *Coulomb*, faites avec un appareil à traîneau, a-t-il donné ces derniers rapports que je vais citer.

*Chêne glissant sur chêne.* — Fibres parallèles, sans enduit,

0,44 rapport au départ, et 0,11 rapport pendant le mouvement. — Arêtes arrondies à fibres parallèles, sans enduit, 0,42 et 0,08. — Fibres croisées, sans enduit, 0,27 et 0,10. — Arêtes arrondies à fibres croisées, ? et 0,10 — Fibres parallèles, couvertes d'un enduit frais de suif, 0,38 et 0,035. — Arêtes arrondies à fibres parallèles avec enduit, ou dont l'enduit a été essuyé et restant onctueuses, ? et 06. — Fibres parallèles usées, et frottées de vieux oing, 0,21 et ?.

*Chêne glissant sur sapin.* — Fibres parallèles, 0,67 et 0,16.

*Chêne glissant sur fer.* — Fibres dans le sens du mouvement très-lent, ? et 0,08. — *Idem* vitesse de $0^m,3$ par seconde, ? et 0,17. — *Idem* les surfaces étant très-petites, sans enduit, mais onctueuses, ? et 0,07.

*Sapin glissant sur sapin.* — Fibres parallèles, 0,56 et 0,17.

*Orme glissant sur orme.* — Fibres parallèles, 0,46 et 0,10.

*Fer glissant sur fer.* — Sans enduit, 0,28 et 0,28. — Avec enduit frais de suif, ? et 0,10.

*Fer glissant sur chêne*, 0,18 et ?.

*Cuivre glissant sur fer.* — Sans euduit, 0,26 et 0,24. — Avec enduit d'huile, 0,17 et ?. — *Idem* sur un ancien enduit de suif, ? et 0,12. — Avec enduit de suif neuf, 0,11 et 0,10. — Avec enduit de vieux oing, 0,14 et ?. — Pointes émoussées, 0,17 et ?. — *Idem* onctueuses ou enduites de suif et d'huile, ? et 0,12.

*Cuivre glissant sur chêne*, 0,18 et ?.

48. M. *Navier* a déduit aussi les rapports du frottement à la pression dans les expériences de *coulomb*, sur le frottement des axes ou tourillons, pour le cas où le mouvement a lieu depuis un certain temps.

*Tourillon de fer dans un coussinet de cuivre.* — Sans enduit 0,155. — Avec enduit de suif 0,085. — Avec enduit de vieux oing 0,12. — Les surfaces étant pénétrées par le suif et restant onctueuses 0,127. — Avec enduit d'huile 0,13. — Avec un enduit servant depuis long-temps 0,133.

*Tourillon de chêne vert dans un coussinet de gayac.* — Avec enduit de suif 0,038. — L'enduit étant essuyé et les surfaces restant onctueuses 0,06. — Avec un enduit servant depuis long-temps 0,07.

*Tourillon de chêne vert dans un coussinet d'orme.* — Avec enduit de suif 0,03. — L'enduit essuyé et les surfaces restant onctueuses 0,05.

*Tourillon de buis dans un coussinet de gayac.* — Avec enduit de suif 0,043. — L'enduit essuyé et les surfaces restant onctueuses 0,07.

*Tourillon de buis dans un coussinet d'orme.* — Avec enduit de suif 0,035. — L'enduit essuyé et les surfaces restant onctueuses 0,05.

49. Il résulte des expériences de G. *Rennie* que le frottement des substances fibreuses, telles que les *tissus*, diminue à mesure que la pression augmente, et qu'il augmente avec la finesse du tissu et par la durée du contact; la valeur de ce frottement varie entre un tiers de la pression totale et une quantité plus grande que cette pression.

J'ai déduit des nombres rapportés par G. *Rennie* les valeurs suivantes du frottement de diverses substances.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Fer coulé glissant sur fer coulé*...... | à plat de... | 0,152 à | 0,133 |
| | de champ.... | 0,161 à | 0,154 |
| *Bronze glissant sur fer coulé*...... | à plat ..... | 0,139 | 0,128 |
| | de champ..... | 0,167 | 0,125 |
| *Cuivre jaune glissant sur fer coulé.* | à plat ..... | 0,164 | 0,139 |
| | de champ.... | 0,164 | 0,138 |
| *Étain glissant sur fer coulé*....... | à plat ..... | 0,185 | 0,164 |
| | de champ.... | 0,196 | 0,164 |

De ses diverses expériences G. *Rennie* tire les conclusions suivantes. Les métaux durs ont un frottement moindre que les métaux doux. Dans les limites d'une pression de 2,27 kil. par centimètre carré environ, le frottement des métaux durs peut être généralement évalué au sixième de la pression. Pour

les pressions 8,15 kil. à 47 kil, par centimètre carré, le frottement augmente dans une proportion considérable, moins pour l'acier glissant sur la fonte et plus pour le cuivre glissant sur le fer. Une pression de 1570 kil. par centimètre carré a détruit des surfaces d'acier trempé. La diminution du frottement obtenue par l'interposition des corps gras, varie avec la pression et la nature de ces corps. Plus la pression est faible plus la graisse doit être fine et liquide ; le suif paraît être la graisse la plus avantageuse à employer, puis vient le savon mou.

50. Des circonstances qui ont accompagné les diverses expériences faites pour déterminer l'intensité du frottement et les lois de cette espèce de résistance, dans les cas ordinaires, on déduit les règles suivantes :

*Epoque du maximum.* — Le frottement n'atteint pas son maximum dès que le contact des corps à lieu, mais bien après un certain temps dépendant de la nature de ces corps et après lequel il devient constant. Ce maximum pour les métaux glissant contre métaux, a lieu dans un instant ; pour les bois glissant contre bois à sec, dans quelques minutes ; pour les corps de nature différente, sans enduit, le maximum n'a lieu qu'après quatre ou cinq jours.

*Poli des surfaces.* — Le frottement des corps diminue, quand on augmente le poli de leurs surfaces en contact.

*Différence de la nature des corps.* — Les corps de même nature développent entre eux plus de frottement que les corps de nature différente.

*Vitesse du mouvement.* — Entre les surfaces hétérogènes le frottement croît en progression arithmétique, lorsque la vitesse augmente en progression géométrique.

*Pression.* — Le frottement est toujours proportionnel à la pression.

*Etendue des surfaces.* — L'étendue des surfaces en contact n'a aucune influence sur l'intensité du frottement.

*Interposition de substances étrangères.* — On parvient à diminuer le frottement en interposant entre les surfaces des corps en contact diverses substances, telles que du savon, des graisses, de l'eau, de l'huile, de la plombagine, du talc, etc., soit seules, soit mélangées ensemble.

## Des engrenages cylindriques et de la forme de leurs dents.

51. Si l'on appuie fortement deux cylindres l'un contre l'autre en disposant leurs axes parallèlement entre eux, leurs surfaces convexes se touchent suivant une ligne droite située dans le plan déterminé par leurs axes. Cela posé, il est clair qu'en donnant un mouvement de rotation à l'un de ces cylindres autour de son axe particulier, l'autre cylindre supposé mobile autour de son axe sera entraîné ou *mené*, et sa surface suivra tous les mouvemens de celle du cylindre moteur ou *menant ;* pourvu toutefois que les surfaces ne puissent point glisser l'une contre l'autre, mais qu'elles s'appliquent au contraire sans aucun frottement. Dans ce cas, on voit que le nombre de révolutions effectuées par les cylindres considérés durant une minute, par exemple, seront en raison inverse de leurs circonférences ou de leurs diamètres.

Dans les transmissions de mouvement des machines utilisées dans les usines et dans les manufactures, l'emploi de ce moyen simple présenterait deux inconvéniens qui l'ont fait rejeter ; le premier d'engendrer une *poussée* considérable contre les coussinets des collets des arbres, et par conséquent un grand frottement qui épuiserait beaucoup de puissance en pure perte ; le second résulterait de ce qu'en travaillant, ce mécanisme deviendrait impropre à remplir sa destination, par suite du poli que les surfaces des cylindres en contact prendraient bientôt, poli qui les laisserait glisser l'une contre l'autre sans entraînement.

52. C'est pour remédier à ces inconvéniens que l'on a imagi-

né les cylindres armés de *dents* ou parties saillantes qui se logent, celles de l'un de ces cylindres dans les *intervalles* des dents de l'autre. Ces cylindres dentés sont désignés sous le nom de *roues d'engrenage cylindriques*. On conçoit que, par cette disposition, la poussée contre les tourillons des arbres peut être réduite de beaucoup, et que tout glissement de l'une des roues contre l'autre est rendu impossible.

On peut donner aux côtés ou *flancs* des dents des roues cylindriques un grand nombre de formes différentes, qui toutes transmettront plus ou moins bien à la roue *menée* l'effort reçu par la roue menante.

Les limites ordinaires de la *saillie* des dents sur les cylindres *primitifs* qu'elles recouvrent rendent à peu près identiques les portions de courbes décrites d'après diverses conditions données. Il est donc convenable d'adopter le tracé le plus simple, qui résulte de l'emploi des *cycloïdes* et des *épicycloïdes*.

53. Je suppose que les diamètres des deux cercles *ACEG... aceg...* *fig.* 221 se touchant en *A*, ont une commune mesure *AM*; si je décris sur *AM*, comme diamètre, un cercle *ALMN* tangent en *A* aux deux cercles déjà mentionnés. Il est évident que la circonférence *ALMN* sera une commune mesure des circonférence *ACEG... aceg...*, de sorte que, si je la fais rouler contre l'extérieur de la première de ces circonférences, que je suppose la plus grande, le point *A* décrira une suite d'épicycloïdes intérieures *ABC*, *CDE*, *EFG*, etc., dont la dernière aboutira au point *A*; de même, en faisant rouler la circonférence *ALMN* contre l'extérieur de la petite circonférence *aceg*, le même point *A* décrira une série d'épicycloïdes extérieurs *abc*, *cde*, *efg*, dont la dernière aboutira au même point *a* ou *A* de contact commun.

Je découpe maintenant le plan sur lequel le tracé précédent a été fait, suivant les épicycloïdes intérieures et extérieures désignées, et je forme ainsi deux espèces de roues d'engrenage, d'où celles employées dans la pratique tirent réellement leur origine. En effet, si je fais tourner la roue *abcdef* autour de

son centre *o*, vers la gauche, par exemple, la came ou dent *abc* poussera le flanc *AB*, de l'entaille *ABC*, de sorte que si la roue *ABCDEF* etc., peut librement pivoter autour de son axe *O*, elle tournera réellement jusqu'à ce que le sommet *b* de la came *abc* se soit mis en contact avec le point *B* de l'entaille *ABC*, le plus rapproché du centre *O*; position qui aura lieu sur la ligne *Oo*, joignant ce centre avec celui *o*. Arrivée là, la came *abc* ne pourra plus agir contre les flancs de l'entaille *ABC*, et ne jouira plus de la propriété d'être *menante*.

Mais si alors la grande roue devient menante à son tour, la came *abc* sera poussée plus ou moins désavantageusement, par le flanc *BC* de l'entaille *ABC*; et ce flanc, par son action sur le côté *bc* de la came, fera tourner la roue *abcde*, qui deviendra *menée*, de menante qu'elle était d'abord.

54. Pour donner à la petite roue à cames extérieures, la propriété de pouvoir toujours mener la grande roue à entailles, il suffirait de subdiviser chaque came et chaque entaille en un égal nombre de cames et d'entailles partielles, telles que celles *azy*, *yxv*, *vut*, *tse*, et *AZY*, *YXV*, *VUT*, *TSG*, formées par l'origine seulement des cames et des entailles, endroits par lesquels la transmission du mouvement s'opère d'ailleurs avec plus d'efficacité, soit à droite soit à gauche.

Cette nouvelle disposition rendrait également la grande roue à entailles propre à devenir menante, quoique avec moins d'avantage que la petite roue à cames ou dents extérieures; par la raison que si celle-ci mène, ses dents sortent des entailles de la grande roue, et que dans le cas contraire les séparations des entailles de la grande roue, s'insinuent en poussant, dans les intervalles des cames de la petite, ce qui engendre une poussée contre le centre *o*.

De cela il faut conclure que, l'emploi du cercle décrit sur la commune mesure des circonférences des cercles *acefg*, *ACEFG*, que l'on désigne sous le nom de *cercles primitifs* des roues d'engrenage, quelle que soit d'ailleurs la forme des

dents de celles-ci, n'est pas le seul que l'on puisse adopter pour tracer les épicycloïdes intérieures et extérieures considérées ; puisqu'il n'est point nécessaire de faire usage d'épicycloïdes entières, se rejoignant bout à bout sur les cercles primitifs des roues. Tout autre cercle dont le diamètre n'excèdera pas le rayon $OA$ de la grande roue pourra suppléer le cercle $ALMN$ ; mais plus le cercle adopté sera grand, plus la grande roue aura de désavantage à mener la petite, et plus au contraire cette petite aura de facilité à mener la grande.

55. Si donc on veut renoncer à faire mener la petite roue par la grande, on pourra choisir pour cercle générateur des épicycloïdes le cercle décrit sur le rayon du cercle primitif de cette grande roue comme diamètre ; choix qui, sans compliquer en rien le tracé des épicycloïdes extérieures de la petite roue, rendra très-simple le tracé des épicycloïdes intérieures de la grande, puisque ces courbes *deviendront alors des diamètres du cercle primitif* (1).

Mais il faut observer ici que, si l'on continuait à faire partir l'origine des épicycloïdes adjacentes du même point des cercles primitifs des roues, la portion de matière de la grande roue comprise entre ces épicycloïdes adjacentes serait nulle ; puisque ces courbes se confondraient avec le diamètre passant par leur origine commune. Il est donc indispensable, quand le cercle générateur des épicycloïdes a pour diamètre le rayon du cercle primitif de la roue menée, de faire partir les arcs épicycloïdaux adjacens $cb$, $de$ ; $DC$, $EF$, *fig.* 222, de deux points différens $c$, $d$ ; $D$, $E$, des circonférences des cercles primitifs. Si la matière des deux roues est la même, on est conduit à donner à l'arc de cercle primitif $cd$, formant le fond de l'intervalle des cames ou dents extérieures $abc$, $def$, de la petite roue, un développement égal à celui de l'arc $ac$, occupé par la base de la dent : il est de plus évident qu'il suffira de pousser les en-

(1) Ceci démontre l'erreur qui existe dans la note de la page 218, au sujet de la règle de *Ch. Taylor* sur le tracé des dents des roues d'engrenage.

tailles *AOD* de la grande roue, jusqu'à une profondeur *AB* vers le centre *O*, égale à la saillie des dents de la petite roue. Cette nouvelle disposition est représentée par les lignes pleines de la figure, et l'on voit que les espèces de dents ainsi formées sur la roue menée ne sont pas disproportionnées relativement aux dents de la roue menante.

56. Un peu d'attention suffira pour voir qu'il est très-facile de donner à la grande roue la propriété de mener la petite; il n'y a pour cela qu'à imaginer sur les séparations des entailles de la grande roue, des cames ou dents extérieures, analogues à celles de la petite, limitées par des épicycloïdes décrites avec un cercle d'un diamètre égal au rayon de cette petite roue; et à approfondir ensuite les intervalles des dents de celle-ci vers son centre particulier, d'autant qu'il le faut pour donner passage aux dents ajoutées à la grande roue, en terminant d'ailleurs les flancs de ces entailles, dans la direction des rayons, qui, dans le cas actuel, représentent les épicycloïdes intérieures tracées dans la petite roue. De cette manière la grande roue mènera la petite soit à droite soit à gauche, et les deux roues auront la même forme générale.

57. Il est très-rare que l'on emploie des dents pointues dans la construction des machines; les bouts des dents sont toujours coupés et terminés en arc de cercle concentrique avec les roues, comme la dent *fdca fig.* 123 le représente. Les cercles primitifs de ces roues passent ainsi aux naissances *e*, *b*,... *E*, *B* des parties épicycloïdales des dents, de sorte que celles-ci s'étendent en dedans et en dehors des cercles primitifs *BETM*, *betm*, et peuvent être considérées comme appliquées sur un noyau tel que *AFP*, *afp*, plus petit que ces cercles.

58. Le rapport de la saillie des dents à leur épaisseur varie avec la destination des engrenages; dans ceux qui servent à transmettre l'action des *moteurs*, ce rapport est 1, 2; c'est-à-dire que l'épaisseur des dents étant 5, leur saillie sur les noyaux des roues est 6. Ce rapport s'élève quelquefois jusqu'à 1,8 dans les roues des machines destinées à préparer,

filer et tisser les substances filamenteuses. Les engrenages de ces machines sont ou refendus directement à la plate-forme, ou du moins coulés sur des modèles métalliques exécutés de cette manière ; aussi peut-on les faire engrener plus à fond que les roues des moteurs, et admettre dans tous les engrenages en général un *jeu* de 0,12 de l'épaisseur des dents, ou ce qui est la même chose du dixième de leur saillie. Ainsi les dents des roues pour les moteurs saillent de 0,54 de leur épaisseur au-dehors des cercles primitifs, et rentrent en dedans de ces cercles des 0,66 de cette même épaisseur ; et quand ces roues engrènent bien, leurs noyaux sont distans l'un de l'autre de 1,32, l'épaisseur étant toujours l'unité. Les dents *ABCDEF*, *abcdef* de l'engrenage représenté par la *fig.* 223, montrent à l'œil la forme qui résulte de ces proportions.

Il suit de tout ce qui précède que, si l'on suppose

$D =$ Le diamètre du cercle primitif d'une roue d'engrenage,

$e =$ L'épaisseur des dents mesurée sur ce cercle,

$s =$ La saillie totale de la dent,

$E =$ Le diamètre extérieur de la roue,

$I =$ Le diamètre du noyau intérieur sur lequel posent les dents,

$c =$ La denture à la circonférence, c'est-à-dire l'arc de cercle primitif occupé par une dent et l'un des intervalles adjacens,

$n =$ Le nombre de dents de la roue,

On a
$$c = 2e$$
$$E = D + 0{,}9\,s \qquad I = D - 1{,}1\,s$$
et
$$3{,}14159\,D = 2\,e\,n$$
équations qui serviront à résoudre toutes les questions possibles sur les dimensions des roues d'engrenage, quand on se sera donné le rapport de $s$ à $e$.

59. S'il s'agit de transmission de force des moteurs, alors $s = 1,2e$ et l'on a les formules suivantes :

1° Pour trouver le diamètre $D$ du cercle primitif d'une roue portant un nombre $n$ de dents d'une épaisseur $e$ donnée,

$$D = \frac{n\,e}{1,5708}$$

2° Pour calculer le nombre de dents d'une épaisseur $e$, que peut porter une roue dont le diamètre $D$ du cercle primitif est donné,

$$n = \frac{1,5708}{e}\,D$$

3° Pour obtenir l'épaisseur $e$ des dents devant être en nombre $n$ sur une roue dont le cercle primitif a un diamètre $D$ donné.

$$e = \frac{1,5708}{n}\,D$$

4° Pour calculer le diamètre extérieur $E$ d'une roue garnie d'un nombre $n$ de dents donné, dont l'épaisseur est $e$,

$$E = \frac{n + 1,6965}{1,5708}\,e$$

5° Pour trouver le diamètre intérieur $I$ d'une roue dont le nombre $n$ et l'épaisseur $e$ des dents sont donnés,

$$I = \frac{n - 2,0735}{1;5708}\,e$$

60. Le diamètre des cercles primitifs des roues est celui qu'il faut employer dans les calculs à faire, pour transformer des vitesses ou des efforts donnés en d'autres vitesses ou efforts voulus. Il est évident que l'on peut se servir des nombres de dents de ces roues au lieu des diamètres.

61. Lorsqu'on veut construire une roue d'engrenage, la connaissance de son diamètre extérieur et de celui de son noyau est

indispensable, soit que l'on veuille en faire un modèle tout denté, soit qu'on veuille la refendre elle-même à la plate-forme. Les formules données pour cet objet sont assez simples, mais elles le deviennent encore davantage, en adoptant pour unité de mesure la *denture sur le diamètre*, c'est-à-dire la longueur du diamètre du cercle primitif, divisé par le nombre de dents que la roue doit porter : en désignant par $d$ cette denture particulière on a effectivement.

$D = nd \quad E = (n + 1,6965)d \quad$ et $\quad I = (n - 2,0735)d$

parce que, d'après ce qui précède

$c = 3,14159\,d$ et par suite $e = 1,5708\,d$.

J'ai trouvé dans ma pratique, beaucoup plus commode de me servir de la *denture sur le diamètre*, et des formules précédentes qui répondent au choix de cette unité de mesure.

62. Si, au lieu d'engrenages pour des moteurs, il s'agissait d'engrenages pour des machines propres à la fabrication des étoffes par exemple, les nombres qui entrent dans ces formules auraient une autre valeur; car alors, ainsi que je l'ai fait observer $s = 1,8e = 2,8274\,d$,

et en substituant dans les formules générales elles deviennent

$$E = (n + 2,5437)\,d \quad I = (n - 3,1101)\,d;$$

on a toujours d'ailleurs

$$c = 3,1416\,d \quad \text{et} \quad e = 1,5708\,d.$$

Cette dernière formule donne un moyen facile de calculer l'épaisseur de dent, correspondante à une denture sur le diamètre, donnée.

63. Voici le moyen pratique que j'emploie, pour tracer les portions d'épicycloïde qui doivent terminer les côtés des parties menantes des dents des roues d'engrenage cylindriques; moyen qui s'applique au tracé de la courbe épicycloïdale décrite par un point d'un cercle roulant sur une courbe plane quelconque donnée.

Soit $ABCD$, *fig.* 224, la courbe plane quelconque donnée, sur laquelle roule le cercle $Bd'bB$, on propose de tracer la courbe épicycloïdale $Ada''A'$, décrite par un point de ce cercle et partant du point $A$. Je trace pour cela un nombre suffisant de cercles $Ba'b$, $Ca''c$, $Da'''d$, tangens à la courbe $ABCD$ donnée, sans qu'il soit nécessaire de connaître la position du point de contact de ces cercles. Cela fait, je prends une ouverture de compas quelconque, mais assez petite pour pouvoir regarder comme une portion de ligne droite l'arc qu'elle comprendra, soit sur le cercle générateur, soit sur la courbe directrice. Cette ouverture de compas étant reportée à la suite d'elle-même, à partir du point $A$ le long de la directrice, il se trouvera des points de division, tels que $B, C, D$, etc., que l'on pourra avec infiniment peu d'erreur regarder comme situés sur les cercles $Ba'b$, $Ca''c$, $Da'''d$, etc. Ces points étant bien choisis, il est évident que, si l'on porte en rebroussant et à partir d'eux-mêmes autant d'ouvertures de compas sur les cercles générateurs correspondans qu'il s'en trouve entre ces points et l'origine $A$ de la courbe épicycloïdale à tracer, les extrémités $a', a'', a'''$, etc., des arcs de cercle parcourus seront autant de points de la courbe cherchée; puisque si on faisait rouler les cercles $Ba'b, Ca''c, Da'''d$, etc., sur la courbe directrice donnée et vers l'origine $A$, assignée à la courbe épicycloïdale cherchée, ces divers points $a', a'', a'''$, etc. viendraient tous se placer sur le point $A$. Cette méthode graphique générale est, comme on voit, très-simple, et présente une grande économie de temps.

On n'a réellement besoin, dans la pratique, que d'une fort petite portion de l'origine des courbes épicycloïdes; ainsi, pour abréger encore, on découpe un patron assez long, suivant la courbure du cercle générateur, pour le placer tangentiellement au cercle primitif de la roue de laquelle on veut tracer les dents, et décrire, en passant un crayon tout contre, autant de positions différentes de l'arc de cercle générateur qu'on le juge nécessaire, comme on le voit représenté

dans la *fig.* 222 où l'on s'est servi de cette méthode pour arriver à la forme de l'arc d'épicycloïde *mn*.

64. La portion d'épicycloïde comprise entre le cercle primitif de la roue et son cercle extérieur étant obtenue pour un côté de dent, on peut en relever un patron et reporter cet arc de courbe dans toutes les positions qu'il doit avoir, pour indiquer la forme des deux côtés de toutes les autres dents.

65. On peut encore chercher la position du centre d'un arc de cercle qui diffère aussi peu que l'on veut de la portion d'épicycloïde mentionnée, et suppléer au tracé des épicycloïdes par celui d'arcs de cercle. Ainsi, dans l'engrenage représenté par la *fig.* 223, le point $X$ est le centre d'un arc de cercle qui peut remplacer avec toute la précision désirable en pratique l'arc d'épicycloïde $BC$; en décrivant donc un cercle du point $O$ comme centre, avec le rayon $OX$, et indiquant sur ce cercle les points qui y sont placés relativement aux côtés de toutes les dents, comme ce point $X$ l'est à l'égard du côté $BC$ de la dent $ACDF$, on pourra dessiner par des arcs de cercle décrits avec $XB$ pour rayon les parties de toutes les dents telles que $BC$, $DE$, extérieures au cercle primitif.

Le point $x$ est le centre d'un arc de cercle qui pourrait être de même regardé comme ne différant pas sensiblement de l'arc d'épicycloïde $lcg$. Si l'on se borne à la partie utile $bc$ de cette épicycloïde, on trouvera que, dans le cas actuel, le milieu $y$ de la dent qui suit celle $acdf$, que je considère, est le centre d'un arc de cercle qui peut être regardé comme identique avec cette partie utile $bc$ d'épicycloïde.

Il est évident que, si une pareille circonstance avait toujours lieu, elle serait fort avantageuse pour tracer les lignes propres à diriger soit l'ouvrier qui doit buriner et limer les dents des roues en fer coulé, soit celui qui doit tailler les dents de bois dont les grandes roues sont ordinairement garnies; malheureusement il n'en est pas ainsi. Cependant ce tracé est si simple, si expéditif et est si peu de chose à faire, du moment que la division de la rone est opérée, que les



Digitized by Google

constructeurs de machines l'ont généralement adopté dans l'établissement des grands travaux. L'erreur qu'ils commettent, quoique très-sensible dans certains cas, est néanmoins toujours au-dessous de celles qui peuvent avoir une influence nuisible; c'est ainsi qu'en toutes choses il faut savoir faire une juste part à la théorie qui nous dirige et à la pratique qui nous manifeste l'utilité de la science.

### Des engrenages coniques.

66. Ce que j'ai dit sur la manière de concevoir la formation des engrenages cylindriques, par la mise en contact de deux cylindres primitifs, s'applique également à la formation des *engrenages coniques* ou *roues d'angle*, qui se dérivent de deux *cônes primitifs* ayant le sommet au même point de l'espace, et mis en contact suivant une de leurs génératrices.

67. Le tracé rigoureux des dents des roues d'angle, ou roues d'engrenage coniques, a présenté long-temps assez de difficulté dans l'exécution. On conçoit, en effet, que la construction des *épicycloïdes sphériques*, employées par les auteurs qui ont traité de cette matière, supposant la connaissance parfaite de la *géométrie descriptive*, et une grande habitude du dessin de l'*épure*, peu de personnes sont à même de profiter des méthodes indiquées dans les livres. D'ailleurs le temps considérable qu'exige le tracé des dents par ces méthodes, et les soins qu'il faut apporter au dessin, seront pour bien d'autres, comme ils l'ont été pour moi, des obstacles qui s'opposeront toujours à leur usage dans les ateliers de construction de machines.

C'est dans le double but de simplifier le tracé des dents des roues d'angle et d'économiser le temps, que je me demandai, s'il ne serait pas possible de *ramener le tracé des dents des roues d'angle au tracé des dents des roues cylindriques*. La nécessité dans laquelle je me trouvais de faire immédiatement usage de la solution de ce problème me la fit bientôt découvrir, et j'ai continué, depuis, de la mettre à exécution avec le plus grand avantage. Aussi est-ce principalement dans l'intention d'être

utile aux personnes qui s'occupent de la pratique de la mécanique, que je vais l'exposer brièvement ici, en reproduisant à peu près ce que j'en ai dit, dans les *Annales de l'industrie nationale et étrangère*, pour janvier 1827.

*Manière de ramener le tracé des dents des roues d'angle à celui des dents des engrenages cylindriques.*

68. Soient *ab*, *d'b'* *fig.* 225 les axes d'une *couple de roues d'angle*, représentées par les deux *cônes primitifs* *ompq*, *omp'q'*, ayant pour bases les circonférences de cercle *mpq*, *mp'q'*, dont *a* et *a'* sont les centres respectifs; circonférences qui se touchent en *m*, quoique situées dans deux plans se croisant à angles droits si les axes des roues se croisent de même; parce qu'en général ces plans se rencontrent sous un angle qui est le supplément de celui de ces axes.

Par le point *o*, où les axes des deux roues d'angle se coupent, menons l'arête *om*, commune aux deux roues censées réduites aux cônes primitifs; arrête qui se trouve d'ailleurs dans le plan *aoa'* des deux axes mentionnés. Cela fait, comme on est dans l'usage de terminer les têtes extérieures et intérieures des dents de chaque roue d'angle, par des surfaces coniques normales à celle du cône primitif de cette roue, si nous concevons, par le point *m*, un plan perpendiculaire à cette arrête *om*, il touchera en *m* la surface des têtes des dents des deux roues d'angle proposées, et coupera leurs axes en *b* et *b'*, points où se trouvent les sommets des cônes normaux aux cônes primitifs de ces roues. On pourrait donc développer ou dérouler sur un plan les cônes normaux avec les panneaux de tête des dents qu'ils contiennent, et il est évident que le tracé qui en résulterait appartiendrait à deux portions de roues *cylindriques supplémentaires*, qui à la vérité, si elles étaient complétées ne seraient pas garnies d'un nombre entier de dents, mais qui n'en sont pas moins propres à cause de leurs dimensions, à fournir les panneaux de tête des roues d'angle

proposées, quel que puisse être d'ailleurs l'angle compris par les axes de ces roues.

Or, si des points $b, b'$ pris pour centres, et avec $bm$ et $b'm$ pour rayons, on décrit dans le plan perpendiculaire à $om$, les deux circonférences de cercle $mts$, $mt's'$, qui se toucheront en $m$, et dont les axes seront représentés par les lignes $bc$ et $b'c'$, il est évident que ces circonférences seront les cercles primitifs des deux roues d'engrenage cylindriques supplémentaires, dont les têtes des dents auront le même *calibre* ou patron que celles des roues d'angle proposées. Il est clair aussi qu'en donnant la même vitesse à la circonférence des deux systèmes d'engrenage, les têtes des roues d'angle viendront successivement coïncider avec celle des dents des deux segmens des roues supplémentaires considérées.

*On sera donc parvenu à tracer les calibres des têtes des dents des roues d'angle données, en traçant*, par les méthodes ordinaires, *les calibres des têtes des dents des deux roues cylindriques supplémentaires;* ce qui ne présente d'autre difficulté ni d'autre embarras que la recherche des rayons de ces dernières roues.

69. Ces rayons peuvent être obtenus graphiquement, en traçant de grandeur naturelle, avec la règle et le compas, les triangles $oma$, $oma'$, $bol'$. Lorsque leurs dimensions seront trop considérables pour être renfermées dans une feuille de papier ou sur une table en planches de bois, on opérera à une *échelle* suffisamment sensible.

70. Quand les axes des deux roues d'angle données se croisent à angles droits, un calcul fort simple conduit également aux valeurs numériques de ces rayons, comme il suit : Soient représentés par $r$ et $r'$, les rayons $am$, $a'm$ de ces deux roues d'angle, et soient désignés par R et $R'$ les rayons $bm$, $b'm$, des deux roues cylindriques supplémentaires, cherchés.

Comme on a $bm = mo\frac{ma}{ao}$, il en résulte : $R = \frac{r}{r'}\sqrt{r^2 + r'^2}$

et de même $R' = \frac{r'}{r}\sqrt{r^2 + r'^2}$ : valeurs bien faciles à calculer lorsque $r$ et $r'$ sont donnés en nombres.

Ces deux valeurs de $R$ et $R'$, étant divisées l'une par l'autre, il vient : $\frac{R'}{R} = \frac{r^2}{r'^2}$ équation qui indique que, *si les axes des deux roues d'angle se coupent à angles droits, les rayons des deux roues cylindriques supplémentaires sont proportionnels aux carrés des rayons des deux roues d'angle suppléées :* il en est de même des diamètres et des nombres de dents.

71. Le tableau suivant renferme des nombres suffisans pour calculer, avec promptitude, les rayons des roues supplémentaires dans les cas qui se présentent le plus ordinairement en pratique, il a été déduit des formules précédentes, dans lesquelles on a supposé $r' = 1$ ; ce qui les réduit à

$$R = r\sqrt{1 + r^2} \qquad R' = \frac{\sqrt{1 + r^2}}{r} \text{ et } \frac{R}{R'} = \frac{r^2}{1}$$

*Table des élémens de l'engrenage supplémentaire.*

| Rayon de la roue d'angle, celui du pignon étant l'unité. | Engrenage cylindrique supplémentaire des deux roues d'angle dont les axes se coupent à angles droits. — Dimension du rayon | | Angle primitif de la roue d'angle en | |
|---|---|---|---|---|
| | du pignon. | de la roue. | degrés. | grades. |
| 1,000 | 1,41421 | 1,41421 | 90, | 100 |
| 1,250 | 1,28062 | 2,00096 | 102,68 | 114 |
| 1,333 | 1,25000 | 2,22222 | 106,26 | 118 |
| 1,500 | 1,20185 | 2,70415 | 112,62 | 125 |
| 1,667 | 1,16667 | 3,23881 | 118,06 | 131 |
| 1,750 | 1,15169 | 3,90561 | 120,52 | 134 |
| 2,000 | 1,11803 | 4,47214 | 126,88 | 140 |
| 2,500 | 1,07702 | 6,73185 | 136,40 | 151 |
| 3,000 | 1,05406 | 9,49182 | 143,14 | 159 |
| 3,500 | 1,04000 | 12,74826 | 148,12 | 164 |
| 4,000 | 1,03079 | 16,49192 | 151,92 | 169 |
| 4,500 | 1,02441 | 20,75013 | 154,94 | 172 |
| 5,000 | 1,01980 | 25,49490 | 157,38 | 175 |

Digitized by Google

72. Ce tableau montre, par exemple, que, si l'on veut construire une roue d'angle de 2,5 décimètres de rayon, engrenant avec un pignon d'angle d'un décimètre de rayon, les calibres des dents des têtes de cette couple de roues devront être tracés comme s'ils devaient servir pour les dents des deux roues cylindriques de 6,73 et de 1,08 décimètres de rayon.

Dans le cas où le rayon du pignon d'angle ne serait pas égal à l'unité choisie pour mesure, le tableau précédent servirait de même. Je suppose, en effet, que les rayons de la couple de roues d'angle à construire soient dans le rapport des nombres 1 et 1,667, et que le diamètre de la roue doive être de $2^m,699$ : le problème se réduit à trouver les valeurs des diamètres des roues cylindriques supplémentaires, qui doivent tenir lieu des nombres 1,167 et 3,239 inscrits dans ce tableau sur la même ligne que le nombre 1,667 donné. Pour cela, on cherchera les quatrièmes termes des deux proportions

1,667 : 2,6 :: 1,167 : diamètre du pignon supplémentaire $= 1^m,824$,
1,667 : 2,6 :: 3,239 : diamètre de la roue supplémentaire $= 5^m,070$,

ainsi de suite pour tout autre cas.

73. Aux trois premières colonnes du tableau, contenant tous les nombres nécessaires pour résoudre les problèmes dont je viens de m'occuper, j'ai ajouté deux autres colonnes renfermant les *angles primitifs* des roues d'angle des couples compris dans le tableau, exprimés en *degrés* et en *grades* ou centièmes de l'angle droit. Ces angles ne sont autre chose que les angles au sommet des cônes primitifs remplacés, dans l'engrenage, par ces roues d'angle.

74. Voici l'usage qu'on peut faire de ces deux colonnes. Je suppose que, dans une collection de modèles, il se trouve celui d'une roue d'angle destinée à être fondue en cuivre, par exemple, pour être ensuite refendue; on veut savoir à quel couple cette roue appartient.

Pour cela on mesure avec une fausse équerre et une *table*

*des cordes* (1), ou avec un compas de proportion, l'angle au sommet du cône extérieur du modèle; et il est clair que, pour en déduire l'angle primitif, il faut diminuer l'angle trouvé d'une quantité égale à l'angle sous-tendu au sommet du cône primitif, par la saillie de la dent dont la roue doit être garnie. Si donc on appelle $s$ cette saillie prise aux têtes des dents, et $d$ la distance de ces têtes au sommet du cône primitif, l'angle à retrancher sera exprimé en degrés par $\frac{s}{2\pi d}$ 360, et en grades par $\frac{s}{2\pi d}$ 400; formules qui reviennent à $\frac{s}{d}$ 57,4 degrés et $\frac{s}{d}$ 63, 8 grades. L'angle primitif étant ainsi obtenu, on verra sur la même ligne, dans la première colonne du tableau, à quel couple de roues d'angle appartient le modèle considéré.

Soit, par exemple, l'angle extérieur du modèle égal à 167,5 grades, si la saillie de la dent doit être de 8 millimètres, et si la distance des têtes des dents au sommet du cône est de 149 millimètres, il est clair que le rapport $\frac{s}{d}$ égale $\frac{1}{18,7}$; donc l'angle sous-tendu par la saillie des dents sera de $\frac{63,8}{18,7}$ ou de 3,42 grades, lesquels, soustraits des 167,50 grades trouvés, donnent 164,08 grades pour l'angle primitif. Ce nombre étant cherché dans la dernière colonne du tableau, on voit sur la même ligne, dans la première colonne, le nombre 3,500, qui signifie que les diamètres et le nombre des dents dont on peut garnir le jeu de roues d'angle correspondantes sont, ainsi que les rayons de ces roues, dans le rapport des nombres 1 et 3,5.

75. Si le modèle proposé devait appartenir à un pignon d'angle, on trouverait un angle aigu, pour l'angle au sommet du cône primitif, ce qui est l'indice de ce cas, mais on n'en opérerait pas moins, comme je viens de l'indiquer. Seulement on pren-

(1) On trouvera une *table des cordes* dans mon *Traité des levés à la boussole*, faisant partie de mon *Cours complet de topographie et de géodésie.*

drait, à la fin, le supplément de l'angle primitif, c'est-à-dire l'excès de deux angles droits sur cet angle, pour en chercher la valeur dans la dernière colonne du tableau, ce qui conduirait à la connaissance de la roue d'angle correspondante au modèle de pignon considéré, et par conséquent aussi à la connaissance de ce pignon.

76. Les deux dernières colonnes du tableau peuvent aussi servir à résoudre le problème inverse du précédent, savoir : reconnaître dans une collection de modèles ceux de deux roues d'angle propres à fournir une couple de roues d'angle voulue, à axes perpendiculaires.

La couple de roues d'angle à exécuter étant déterminée, on trouvera en effet l'angle moyen de la roue dans le tableau; on augmentera cet angle de celui sous-tendu par la saillie de la dent adoptée, et la somme sera l'angle extérieur de cette roue d'angle. On ouvrira donc la fausse équerre, ou le compas de proportion, d'une quantité égale à cet angle, et l'ouverture de ces instrumens, présentée aux modèles de roues d'angle, servira à reconnaître ceux qui pourront servir à mouler les engrenages que l'on désire.

## Des dimensions a donner aux dents des roues d'engrenage.

77. Un perfectionnement général bien simple et néanmoins très-important que l'on a apporté dans ces derniers temps à la construction des machines réside dans la juste proportion que l'on cherche à donner aux dimensions des dents des roues d'engrenage, relativement à la force que ces roues sont destinées à transmettre dans la machine dont elles font partie.

Cette force se compose de deux élémens, savoir : l'effort ou pression qu'elle exerce et la vitesse dont elle est en même temps animée; élémens dont le produit représente la valeur de cette force, par la quantité d'action mécanique qu'elle peut produire.

78. Comme c'est principalement dans les engrenages des *récepteurs* que l'observation des proportions des dents est plus nécessaire, et que la force des *moteurs* s'énonce en *chevaux de vapeur*, nous admettrons pour base de nos calculs qu'un tel cheval produit par seconde une quantité d'action mécanique égale à 80 *métrolitres*, soit à 80 kilog. de traction avec une vitesse de 1 mètre par seconde.

Si donc $V$ est la vitesse par seconde d'une roue employée à transmettre la force de $C$ chevaux de vapeur, en représentant par $E$ l'effort en kilogrammes qui a lieu aux dents de cette roue, on a

$$E = 80\, C\, \frac{1}{V}$$

79. La pratique a conduit les constructeurs de machines à de certaines proportions entre les trois dimensions des dents des roues d'engrenage telles que, par une moyenne fort convenable, on peut adopter les rapports suivans dans le cas de la transmission des forces considérables, le seul que j'examinerai. La largeur est à l'épaisseur, est à la saillie, comme 25 est à 5, est à 6; de sorte que, si l'on désigne ces dimensions respectives par $l$, $e$ et $s$, on a à la fois

$$5e = l \quad 25s = 6l \quad \text{et} \quad 6e = 5s$$

équations exprimées par des nombres fort simples et qui correspondent à des dents de belle forme.

80. Cela posé, en dedans des cercles primitifs des roues d'engrenage sur lesquels s'exercent les contacts de leurs dents, celles-ci ont, à fort peu de chose près, la forme de parallélipipèdes rectangles, de sorte que, si la transmission de l'effort avait toujours lieu sur les cercles primitifs, la résistance $P$ de chaque dent serait en raison directe du produit de sa largeur $l$, multipliée par le carré $e^2$ de son épaisseur, et en raison inverse de la moitié $\frac{s}{2}$ de sa saillie; comme cela a lieu pour les parallélipipèdes encastrés par une de leurs ex-

trémités et chargés à l'autre. En adoptant donc ici le millimètre pour unité de mesure, on aurait d'après la formule connue,

$$P = \frac{\pi}{6} \frac{le^2}{\frac{s}{2}}.$$

$\pi$ représentant la plus grande charge d'élasticité par millimètre carré, dont la valeur dépend de la résistance plus ou moins grande de la matière avec laquelle les dents sont faites, et qui doit être ainsi déduite d'expériences particulières.

Mais, comme par suite de la négligence des ouvriers commis à la surveillance de la machine, il peut arriver ou qu'ils écartent trop l'une de l'autre les roues d'engrenage, ou que les boulons qui lient aux pièces fixes de la machine les arbres de ces roues cèdent, etc., circonstances dont l'effet sera de rejeter la transmission de tout l'effort vers l'extrémité des dents, il est prudent de supposer dans les calculs que cela a réellement lieu et de partir de l'équation

$$P = \frac{\pi}{6} \frac{le^2}{s}$$

et non de la précédente.

81. En combinant cette équation avec celles posées n° 79, d'après les proportions admises pour les dents, on peut éliminer $l$ et $s$, et il vient $P = \frac{25}{36} \pi e^2$.

On pourrait de même, si l'on voulait, exprimer $P$ en $l$ ou en $s$.

La valeur de $e$ déduite de l'équation précédente est donc

$$e = \frac{6}{5} \sqrt{\frac{P}{\pi}}$$

82. S'il s'agit donc de transmettre l'effort de $C$ chevaux, $V$

étant la vitesse des dents, il faut supposer $P = E$ du n° 78, et par suite

$$e = \frac{6}{5}\sqrt{\frac{80\,C}{n\,V}}$$

Si l'on se borne à calculer l'épaisseur des dents dans le cas d'un mouvement de 1 mètre par seconde, pour lequel $v = 1$, il vient toute réduction faite,

$$e = 10{,}734\sqrt{\frac{C}{n}}$$

83. On est dans l'usage, tant pour rendre les transmissions de mouvemens plus faciles, que pour donner plus de durée aux engrenages, ou du moins pour faciliter leurs réparations sous le rapport de l'économie de temps et de la dépense, de faire en bois les dents de toutes les roues, de sorte que les pignons ayant les leurs en fonte, le frottement des engrenages ait toujours lieu entre le bois et le fer coulé.

C'est donc dans l'hypothèse de l'emploi de dents de bois qu'il faut calculer les dimensions des dents des roues transmettant l'action des moteurs.

Le bois de *charme* est celui que l'on emploie de préférence pour cet objet, et c'est précisément sur la résistance de cette espèce de bois qu'il n'a été fait aucune expérience que je sache. Pour suppléer à ce manque, j'en ai soumis à la flexion un petit chevron de 57 millimètres d'épaisseur sur 60 millimètres de large; la distance des deux appuis sur lesquels il posait simplement vers les deux bouts était de $1^m,23$. Je chargeai ce chevron sur le milieu, à l'aide d'un lévier qui augmentait l'effort des charges apparentes, et les flèches furent mesurées directement à partir d'une forte règle d'acier parfaitement droite, posée de champ sur les mêmes appuis que le chevron.

| Ordre des observations. | Charges calculées en kilogrammes. | Flèches observées en millimètres. |
|---|---|---|
| 1 | 332,5 | 11,5 |
| 2 | 413,25 | 13 |
| 3 | 388 | 12,5 |
| 4 | 362,75 | 11,75 |
| 5 | 0 | 0 |
| 6 | 453,5 | 14,5 |
| 7 | 554,5 | 18,5 |
| 8 | 570,65 | 21,5 |
| 9 | 0 | 0 |
| 10 | 655,5 | 23,5 |
| 11 | 332,5 | 13,5 |

Il résulterait de cette expérience, faute de mieux, que l'élasticité du chevron n'a été altérée que par une charge supérieure à 570,65 kilog. En adoptant la flèche 21,5 millimètres pour la plus grande flèche d'élasticité, on pourra calculer le plus grand alongement d'élasticité du bois de charme égal à 0,0047059, ainsi que la plus grande charge transversale d'élasticité, par millimètre carré de la section du chevron égale à 5,4877 kilogrammes, nombre qui n'est que la valeur de $n$ dont l'épaisseur de la dent est fonction.

84. En introduisant ce résultat dans la formule trouvée, elle devient pour le bois de charme

$$e \doteq 4{,}5813\sqrt{C};$$

ainsi étant donné le nombre $C$ de chevaux dont il faut transmettre la force à l'aide d'une roue garnie de dents de bois de charme et dont le cercle primitif tourne avec une vitesse de 1 mètre par seconde, il sera très-facile de calculer l'épaisseur à donner à ces dents, et par suite leurs deux autres dimensions.

En supposant $C = 16$ par exemple, il vient $e = 18,3252$ millimètres, tandis que dans la pratique on fait cette épaisseur deux fois aussi grande environ ; il convient donc d'adopter pour formule pratique $e = 9\sqrt{C}$; toujours pour la vitesse de 1 mètre : de cette manière les dents de charme ne transmettront qu'un effort égal à la huitième partie de la plus grande charge d'élasticité.

85. Pour ce qui est de la force des dents de fer coulé, on sait par les expériences publiées que la plus grande charge transversale d'élasticité relative à ce métal peut être estimée 10,75 kil. pour chaque millimètre carré de la section transversale ; en substituant donc dans la formule générale du n° 82, il vient :

$$e = 3,25\sqrt{C}$$

pour calculer l'épaisseur des dents de fer coulé. Il résulte de là que si on donne aux dents dont il est ici question la même épaisseur qu'aux dents de bois avec lesquelles elles doivent engrener, comme cela doit être fait, les résistances relatives de ces deux espèces de dents seront entre elles comme les carrés des nombres 3,25 et 4,58 ; c'est-à-dire comme 10,56 est à 20,97, ou a fort peu de chose près, comme 1 est à 2. Si donc on adopte la formule pratique $e = 9\sqrt{C}$, relative aux dents de bois de charme, les dents de fer coulé, dont elle servira à calculer l'épaisseur, ne seront employées qu'à transmettre un effort égal à la seizième partie de leur plus grande charge d'élasticité.

86. *Table des dentures et des dimensions des dents des roues d'engrenage, employées pour transmettre des efforts donnés, avec une vitesse de 1 mètre par seconde.*

| Effort exprimé en | | Dimensions des dents exprimées en millimètres. | | | Valeurs en millimètres de la denture | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| kilogrammes | chevaux. | Épaisseur. | Saillie. | Largeur. | à la circonférence. | sur le diamètre. |
| 80 | 1 | 9,0 | 10,8 | 45,0 | 18,0 | 5,7 |
| 160 | 2 | 12,7 | 15,3 | 63,6 | 25,4 | 8,1 |
| 240 | 3 | 15,6 | 18,7 | 78,0 | 31,2 | 9,9 |
| 320 | 4 | 18,0 | 21,6 | 90,0 | 36,0 | 11,4 |
| 400 | 5 | 20,1 | 24,1 | 101,0 | 40,3 | 12,8 |
| 480 | 6 | 22,1 | 26,4 | 110,0 | 44,1 | 14,0 |
| 560 | 7 | 23,8 | 28,6 | 119,1 | 47,6 | 15,1 |
| 640 | 8 | 25,5 | 30,5 | 127,4 | 51,0 | 16,2 |
| 720 | 9 | 27,0 | 32,4 | 135,0 | 54,0 | 17,1 |
| 800 | 10 | 28,5 | 34,2 | 142,5 | 57,0 | 18,1 |
| 880 | 11 | 29,9 | 35,8 | 149,3 | 59,7 | 18,0 |
| 960 | 12 | 31,2 | 37,4 | 156,0 | 62,4 | 19,8 |
| 1040 | 13 | 32,5 | 38,9 | 162,5 | 64,9 | 20,6 |
| 1120 | 14 | 33,7 | 40,4 | 168,4 | 67,3 | 21,4 |
| 1200 | 15 | 34,8 | 41,8 | 174,5 | 69,7 | 22,1 |
| 1280 | 16 | 36,0 | 43,2 | 180,0 | 72,0 | 22,9 |
| 1360 | 17 | 37,1 | 44,5 | 185,7 | 74,2 | 23,6 |
| 1440 | 18 | 38,2 | 45,8 | 191,0 | 76,5 | 24,2 |
| 1520 | 19 | 39,2 | 47,0 | 196,3 | 78,5 | 24,9 |
| 1600 | 20 | 40,3 | 48,2 | 201,0 | 80,5 | 25,5 |
| 1680 | 21 | 41,2 | 49,5 | 206,0 | 82,4 | 26,2 |
| 1760 | 22 | 42,2 | 50,7 | 211,0 | 84,5 | 26,8 |
| 1840 | 23 | 43,2 | 51,8 | 216,0 | 86,3 | 27,4 |
| 1920 | 24 | 44,1 | 52,9 | 220,0 | 88,2 | 28,0 |
| 2000 | 25 | 45,0 | 54,0 | 225,0 | 90,0 | 28,6 |
| 2880 | 36 | 54,0 | 64,8 | 270,0 | 108,0 | 34,3 |
| 3920 | 49 | 63,0 | 75,6 | 315,0 | 126,0 | 40,0 |
| 5120 | 64 | 72,0 | 86,4 | 360,0 | 144,0 | 45,7 |
| 6480 | 81 | 81,0 | 97,2 | 405,0 | 162,0 | 51,4 |
| 8000 | 100 | 90,0 | 108,0 | 450,0 | 180,0 | 57,2 |

L'usage que l'on peut faire de cette table n'a pas besoin d'être détaillé ; il me suffira de rappeler que, si la vitesse de

l'engrenage n'est pas de 1 mètre par seconde, il faudra calculer la valeur relative de l'effort $E$ par la première des formules précédentes n° 78, et chercher dans la première colonne de la table le nombre qui en approchera le plus; cela fait on verra sur la même ligne les dimensions des dents convenables pour l'engrenage à construire.

87. On peut se proposer de déterminer quel nombre de dents il faut placer sur une roue d'un diamètre donné, pour que l'excès de l'épaisseur de la dent prise à l'endroit du cercle primitif, sur son épaisseur mesurée au pied sur le noyau, soit au-dessous d'une limite assignée.

Pour résoudre cette question, conservons toujours la notation relative aux roues d'engrenage des moteurs et nommons $e'$ l'épaisseur du pied de la dent *pr fig.* 223; on a alors à fort peu de chose près, en menant $pq$ parallèlement à $on$, la proportion $mq : mp = mn : mo$, c'est-à-dire,

$$e - e' : 0{,}66\, e :: e : \frac{D}{2}$$

Si donc on élimine $D$ entre cette proportion et l'équation $n = \frac{1{,}5708\, D}{e}$ du n° 59, il vient :

$$n = 2{,}0735 \frac{e}{e - e'}$$

On peut actuellement donner à la fraction $\frac{e - e'}{e}$ diverses valeurs, et il sera facile de calculer $n$; si l'on suppose cette fraction égale à $\frac{1}{10}$ alors $n = 41{,}47$.

On voit par là pourquoi, dans les engrenages des moteurs, on n'admet pas généralement des pignons de moins de trente dents; quoique dans les machines qui reçoivent ou qui ne doivent transmettre que de faibles efforts on introduise sans inconvénient, lorsque cela est nécessaire, des pignons bien plus petits, de 10 à 12 dents par exemple.

Je ne terminerai point cette note sans recommander aux personnes qui s'occupent de mécanique pratique l'emploi de la *règle logarithmique*, ou *règle à calculer*, dont l'usage est si général parmi les mécaniciens d'Angleterre : je me sers habituellement d'une règle de ce genre que l'on trouve maintenant chez tous les marchands d'instrumens de mathématiques de Paris, et j'avoue que les services qu'elle me rend sont si multipliés, qu'il me serait impossible de m'en priver désormais. La règle à calcul n'étant en effet qu'une *table graphique de logarithmes*, on conçoit qu'il n'est aucun calcul du ressort des tables de logarithmes ordinaires que l'on ne puisse exécuter avec cette règle, laquelle possède même un avantage sur une table de logarithmes de même étendue, puisqu'on peut y voir d'un seul coup d'œil tous les nombres qui donnent les solutions de divers genres de problèmes. La table précédente a été calculée avec une règle logarithmique de 25 centimètres de longueur, divisée par M. *Lenoir*, à Paris ; on trouve des règles de pareille longueur chez W. et S. *Jones*, 30 lower holborn, à Londres ; et d'autres de 71 centimètres (28 *inches*) et de $1^{m},42$ (56 *inches*) de longueur, chez *Bate*, opticien, poultry à Londres.

### Des moteurs en général.

88. Les *moteurs* ou forces continues qui mettent en activité de travail les machines employées dans les usines et manufactures sont de véritables *forces motrices*. Si leur nature accélératrice ne se manifeste pas par une augmentation continuelle dans la vitesse des pièces mobiles de ces machines, c'est que le frottement de ces pièces glissant soit les unes contre les autres, soit sur des pièces fixes ; c'est que les résistances de la matière à déplacer ou dont la forme doit être modifiée, etc., par les pièces ouvrières de ces machines, détruisent ou consomment à chaque instant l'action accélératrice de ces moteurs.

La *puissance mécanique*, le *moment d'activité*, l'*effet dynamique*, la *quantité d'action mécanique*, la *quantité de travail*, le *travail mécanique*, car toutes ces dénominations désignent la même

chose, confiés par le moteur à une machine quelconque durant un temps donné, ne peuvent dans aucun cas être transmis par elle, sans diminution. La portion qu'elle en rend et que l'on appelle *produit* ou *effet utile* est d'autant plus grande que la machine a plus de perfection, soit sous le rapport de sa composition particulière, soit sous celui de la précision avec laquelle les pièces en sont exécutées.

89. Les points qui opposent à la *résistance l'effet utile* de la machine parcourent un certain espace $e$ dans un temps donné $t$, et éprouvent une certaine résistance $p$ à se mouvoir; donc l'effet utile de la machine pourrait être représenté par l'élévation du poids $p$ mesurant cette résistance, à une hauteur $e$, dans le temps $t$; la mesure de cet effet sera donc $ept$, car il doit être évidemment proportionnel à $p$, à $e$ et à $t$.

De même le moteur éprouve, de la part des points d'application de sa force sur la machine, une certaine résistance que l'on peut également représenter par un poids $P$; en sorte que si $E$ est l'espace que parcourent, dans un temps connu $T$, les points considérés, $EPT$ sera la mesure du moteur.

Une machine sera d'autant plus parfaite que la valeur du produit $ept$ approchera davantage de celle de $EPT$; et tout ce que l'on peut raisonnablement espérer par la construction d'une machine, c'est de transformer le produit $EPT$, dépendant du moteur dont on dispose, en un autre $ept$ qui en diffère plus ou moins et dont les facteurs $e,p$, ou $t$ aient des valeurs convenables à l'objet que l'on se propose.

90. Par exemple, quand un maçon veut mettre en place une des pierres d'un mur d'appareil, déposée sur l'assise, il fait abstraction du temps dans les produits désignés, parce qu'il doit régler lui-même la position de la pierre et qu'il doit agir pendant tout le temps nécessaire à son entier placement. Alors on a $T=t$ et il reste à transformer le produit $EP$ en un autre $ep$, dans lequel $p$ représente le poids de la pierre, et tel que le maçon puisse mouvoir cette dernière; la machine dont il se

sert pour opérer cette transformation est fort simple, c'est une *pince* ou lévier.

Si je voulais lancer une balle avec une très-grande vitesse et d'une manière presque instantanée, je ne pourrais plus faire abstraction du temps, parce que dans un temps très-court je ne puis développer qu'une très-petite vitesse, et fournir que peu d'action mécanique; j'emploie donc une machine capable d'emmagasiner l'action mécanique que je dépenserai pendant un temps plus ou moins long, et de la dépenser dans un temps très-court; cette machine est le *fusil à vent*. L'air, étant refoulé dans le réservoir situé dans la crosse du fusil, à l'aide d'une pompe que je mets en activité pendant quelques minutes, exerce contre les parois une pression considérable, de sorte qu'en favorisant sa sortie par le canon de l'arme, le grand degré d'élasticité que cet air possède le fait se dilater subitement et chasser la balle avec rapidité, en épuisant à la fois toute la quantité d'action mécanique que j'avais moi-même dépensée pour le comprimer.

L'horloger qui doit assurer pendant plusieurs jours le mouvement de l'horloge qu'il veut construire ne peut pas non plus faire abstraction du temps; il doit composer sa machine de manière que l'action mécanique qu'il lui aura livrée pendant quelques minutes soit dépensée durant un temps beaucoup plus considérable. Ayant donc choisi les valeurs des deux facteurs $T=1$ minute et $t=15$ jours $= 21600$ minutes, par exemple, il doit chercher à rendre le produit $ep$, 21600 fois plus petit que celui $EP$; et c'est à quoi il parvient soit en bandant un ressort principal, soit en élevant un poids convenable, combinés ou avec un pendule comme dans les horloges, ou avec un autre ressort bien plus faible comme dans les montres.

91. Ces exemples, ainsi que tous ceux que l'on pourrait prendre, montrent que, dans les produits généraux $EPT$, $ept$, le temps ne peut être modifié qu'au moyen de *poids* ou de *ressorts* de diverse nature. Lorsque des poids ou des res-

sorts n'entreront pas dans la composition de la machine, on aura toujours $T = t$, et par suite $EP = ep$, alors on ne pourra faire varier que les deux facteurs $e$ et $p$, de manière à remplir certaines conditions voulues. La même chose a lieu lorsque les machines renferment des poids ou des ressorts comme auxiliaires des pièces qui opèrent un travail soit uniforme et continu, soit composé d'une série plus ou moins variée et non interrompue d'opérations différentes. C'est dans ces dernières machines, surtout, que l'emploi d'un *volant* est utile lorsque les diverses opérations de la série présentent des résistances très-différentes; ce volant emmagasine en effet la partie de la force motrice qui peut être inutile à quelques-unes de ces opérations, pour la restituer lorsque les opérations plus résistantes doivent être effectuées; de cette manière le moteur peut agir avec un effort et une vitesse à très-peu près constante.

## DES COURS D'EAU.

92. Depuis un temps immémorial l'industrie utilise la force des cours d'eau, en établissant à ceux de leurs points où ils jouissent d'une grande vitesse, des *récepteurs hydrauliques*, lesquels s'emparent d'une plus ou moins grande partie de la force motrice du courant qui les a sollicités, pour la transmettre au moyen d'engrenages intermédiaires, lorsque cela est indispensable aux diverses machines qui doivent, dans les usines et les manufactures, effectuer le travail que l'industrie s'est proposé. Ce travail amène souvent la prospérité sur les bords d'un ruisseau long-temps ignoré, et les habitans du voisinage admirent, dans cette métamorphose opérée par l'industrie, un trésor que sans elle ils n'auraient jamais connu.

Les cours d'eau ont sur les *machines à vapeur* un avantage pour le pays, en ce qu'ils sont une richesse inhérente au sol; qu'ils déterminent l'industrie à étendre le cercle de ses travaux jusque sur les hameaux les plus éloignés des grands centres de

population; et qu'ils font rentrer enfin dans ce pays des valeurs toujours supérieures aux dommages que les pluies alimentaires font éprouver au sol qui leur sert de bassin, par la formation des ravines, etc. Je conseillerai donc l'utilisation des cours d'eau, de préférence à l'établissement des machines à vapeur pour les travaux ordinaires de l'industrie, tant qu'il existera sur le sol de la patrie un ruisseau qu'une main habile pourra utiliser, et lui faire payer en quelque sorte le juste tribut de son passage.

De même que le premier venu ne peut pas construire une machine à vapeur, et que parmi tous les systèmes de machines à vapeur existans il en est nécessairement un de préférable à tous les autres dans chaque localité, de même parmi tous les récepteurs hydrauliques que l'on peut établir sur un cours d'eau il en est un qui est le meilleur, et il faut s'être livré à des études spéciales pour savoir du premier coup construire ce meilleur récepteur.

93. La force des cours d'eau peut être recueillie de plusieurs manières différentes à l'aide de *roues hydrauliques;* car celles-ci peuvent être mises en mouvement par suite, soit de la *pression* de l'eau, soit de l'*impulsion* ou *choc* de ce liquide, soit enfin par une combinaison de ces deux modes d'action. Les première et troisième espèces de roues s'établissent là où la vitesse des cours d'eau et les localités permettent de réaliser une chute; les roues de la seconde espèce conviennent aux localités dans lesquelles les cours d'eau ont peu de vitesse, et à celles qui s'opposent au ménagement d'une chute quelconque.

Lorsqu'un cours d'eau tombe réellement d'une hauteur verticale quelconque $H$, la *quantité d'action mécanique* qu'il dépense dans un temps donné est évidemment égale au poids $M$ qui s'en est écoulé, multiplié par la hauteur de la chute, c'est-à-dire à $MH$ *métrolitres* (1).

(1) J'appelle *métrolitre* la quantité d'action mécanique représentée par l'élévation d'un litre d'eau, ou, ce qui est la même chose, d'un kilogramme de matière, à un mètre de hauteur. Voyez page xv.

94. Si la chute que le cours d'eau est censé avoir faite immédiatement pour acquérir la vitesse qu'il possède n'est pas réalisée, on peut obtenir, par le calcul basé sur l'observation de cette vitesse à la surface $V$, la hauteur génératrice $H$ correspondante, hauteur qui n'est autre chose que la *chute immédiate* que l'eau devrait faire pour acquérir sa vitesse actuelle; on a en effet, d'après le n° 15, $H = \frac{V^2}{2g}$. La chute immédiate étant ainsi connue en mètres, supposant qu'il s'écoule $M$ kilogrammes d'eau durant un temps donné, la quantité d'action mécanique dépensée pendant ce temps sera toujours $MH$ métrolitres, comme précédemment.

Le problème de la détermination de la force des rivières est donc ramené, en dernière analyse, au mesurage de leur vitesse et à celui du volume ou du poids de l'eau qu'elles dépensent dans un temps connu, c'est-à-dire à leur *jaugeage*, dont il sera bientôt question.

95. Il est très-important de ne pas confondre la *chute immédiate* d'un cours d'eau avec sa *chute réalisable*; ces deux chutes n'ont ensemble aucune relation obligée. Il est clair, en effet, que la chute réalisable ne dépend que de l'encaissement du cours d'eau et des servitudes auxquelles il est soumis. S'il n'y a point de servitudes, la plus grande des chutes que l'on peut réaliser par un simple barrage est représentée par la hauteur des berges sur la surface de l'eau; si l'on voulait réaliser une chute plus élevée, il faudrait encaisser d'autant le cours d'eau par des jetées ou digues latérales, s'étendant assez loin en amont pour retenir la surface de l'eau au niveau voulu.

Il suit de là que la force d'un cours d'eau, estimée d'après la chute immédiate qu'il est censé faire pour acquérir sa vitesse actuelle, est le *minimum des forces réalisables* par des travaux d'art appliqués à l'amélioration de ce cours d'eau.

96. On peut se proposer de chercher la valeur de la force des cours d'eau en même unité de mesure que celle usitée pour exprimer la force des machines à vapeur; savoir le *cheval de va-*

*peur*. La chose est très-facile, car cette unité de mesure vaut 80 métrolitres, puisqu'un bon cheval de vapeur peut élever par seconde 80 kilogrammes à 1 mètre de hauteur; si donc $M$ représente toujours en kilogrammes la dépense du cours d'eau par seconde, $H$ étant exprimée en mètres, il est clair que le nombre $C$ de chevaux de vapeur, dont la force est équivalente à celle du cours d'eau, est telle que $C = \frac{MH}{80}$

### Jaugeage des eaux courantes.

97. Le jaugeage et la détermination du mouvement des eaux courantes sont de la plus grande importance pour l'établissement des usines. Les règles données à ce sujet par Oliver *Evans* étant très-grossières, il est important de les remplacer par d'autres aussi exactes qu'il est possible de les désirer. C'est des mémoires de M. de *Prony*, devenus si rares au grand regret des amis des sciences, que j'emprunterai la plupart des formules suivantes.

La méthode la plus simple et la plus directe en même temps de *jauger un cours d'eau* consiste à en recevoir ou à en élever le produit, fourni durant un temps connu, soit dans des vases mobiles que l'on substitue les uns aux autres soit dans un réservoir assez grand et dont on peut facilement calculer la capacité. Ce procédé n'est évidemment applicable qu'aux cours d'eau peu abondans.

98. Dans le cas où le cours d'eau serait volumineux, voici comment je crois que l'on pourrait agir. On établirait un barrage, au haut duquel on adapterait un nombre suffisant de buses ou tuyaux, écartés l'un de l'autre autant que cela serait commode, et qui donneraient passage à l'eau affluente, en maintenant à une hauteur constante le niveau d'eau en amont. Le cours d'eau étant ainsi divisé, il deviendrait très-facile de jauger isolément la dépense de chaque buse, et la somme de toutes ces dépenses donnerait évidemment, sans aucune hypothèse, la

dépense du cours d'eau à jauger. Je me propose de mettre ce moyen en pratique, à la première opération de ce genre que j'aurai à faire.

99. Dans le *mémoire sur le jaugeage des eaux courantes*, M. de *Prony* recommande de faire écouler le cours d'eau à jauger par un orifice horizontal ménagé en établissant un barrage. Alors, en effet, si les circonstances permettent de former une chute égale à une fois et demie ou deux fois le diamètre de cet orifice, de telle sorte que la plus grande contraction de la veine fluide ait lieu au-dessus de la surface de l'eau du bief inférieur; on aura, en désignant par $q$ le volume d'eau théoriquement écoulé durant une seconde, par $h$ la hauteur de l'eau au-dessus de l'orifice dont l'aire est $\omega$, et par $g$ le double de l'espace que les corps graves parcourent durant la première seconde de leur chute,

$$q = \omega \sqrt{2gh},$$

formule connue et qui résulte de ce que, n° 15, la vitesse d'écoulement ou due à la chute de l'eau est $\sqrt{2gh}$.

100. A défaut d'orifice horizontal on en emploie un vertical; dans ce cas la hauteur de la charge d'eau sur le centre de figure de l'orifice étant représentée par $k$, M. de *Prony*, en conservant du reste la notation précédente, parvient à la formule

$$q = A \omega \sqrt{2gk}$$

$A$ étant un coéficient dont la valeur dépendant de celle du rapport de la hauteur $a$ de la surface supérieure de l'eau en amont sur l'orifice découlement, à $2k$, est fournie par la table suivante donnée par M. de *Prony*.

| $\frac{a}{2k}$ | $A$ |
|---|---|
| 0,0 | 1,00000 |
| 0,1 | 0,99958 |
| 0,2 | 0,99832 |
| 0,3 | 0,99619 |
| 0,4 | 0,99312 |
| 0,5 | 0,98904 |
| 0,6 | 0,98383 |
| 0,7 | 0,97724 |
| 0,8 | 0,96896 |
| 0,9 | 0,95828 |
| 1,0 | 0,94281 |

101. Les *dépenses théoriques*, calculées d'après les formules précédentes, diffèrent des *dépenses réelles* et doivent être multipliées par 0,81 pour fournir ces dernières, quand les orifices d'écoulement sont à minces parois.

102. Dans le cas où l'eau s'écoule par un *déversoir*, on remarque que la formule $v^2 = 2gh$ appartient à une parabole dont les ordonnées sont les hauteurs et les abscisses les vitesses dues; de sorte qu'en représentant par $l$ la largeur du déversoir, par $h$ la hauteur de la surface de l'eau du réservoir au-dessus du seuil de ce déversoir et par $v$ la vitesse des filets inférieurs de la lame d'eau, la dépense en mètres cubes et par seconde est représentée par l'aire $\frac{2}{3}vh$ du segment parabolique correspondant, multipliée par $l$, ou bien par $\frac{2}{3}l\sqrt{2gh^3}$

Cette dépense est celle qui a lieu théoriquement, et on a à fort peu de chose près la dépense réelle, en en prenant les $^5/_8$. Dans cette hypothèse et supposant que $M$ représente en kilogrammes la *quantité d'eau écoulée par le déversoir durant une seconde*, le mètre restant toujours l'unité de mesure des lon-

gueurs, et remplaçant $g$ par sa valeur numérique, il vient

$$M = 1845{,}49\, l \sqrt{h^3}$$

formule dont je ferai usage dans la suite.

103. Cette formule peut être également appliquée au jaugeage d'un cours d'eau passant sous une vanne; pour cela on mesure la largeur $l$ de l'ouverture de la vanne, et les hauteurs de la surface de l'eau en amont sur le seuil de cette vanne et sur le haut de l'ouverture d'écoulement; en désignant ces hauteurs respectives par $h_{,}$ et $h_{,,}$, le nombre de kilogrammes d'eau écoulés durant une seconde sera la différence de ceux $M_{,}$, $M_{,,}$ que dépenseraient des déversoirs sur lesquels les lames d'eau auraient les hauteurs ci-dessus, c'est-à-dire que

$$M = M_{,} - M_{,,} = 1845{,}49\, l \left\{ \sqrt{h_{,}^3} - \sqrt{h_{,,}^3} \right\}$$

formule qui est la forme primitive de celle du n° 100.

104. S'il existe déjà une roue à augets sur le cours d'eau dont on veut connaître la dépense, on fait acquérir à la roue une vitesse telle que ce cours d'eau passe en entier dans les augets, dont le nombre et la contenance en litres sont autant d'élémens à l'aide desquels on peut calculer la dépense directement et avec facilité, en ayant égard à la vitesse de la roue.

105. Dans le cas où un barrage est impossible à faire, ou du moins trop dispendieux, la méthode de jaugeage la plus simple que l'on puisse employer consiste à relever l'aire $S$ soit de la section transversale du lit du cours d'eau, dans les endroits où toutes les parties du liquide y sont en mouvement, soit de la *section d'eau vive*, c'est-à-dire de toute la portion d'une section transversale quelconque dans laquelle l'eau n'est pas stagnante; et à calculer la vitesse moyenne $U$ de l'eau dans cette section, par la règle indiquée à l'article suivant. Ces deux élémens étant connus, il est clair que le produit $US$ exprimera en mètres cubes le prisme d'eau écoulé en une seconde, et dont le poids sera ainsi de 1000 $US$ kilogrammes.

### Mouvement des eaux courantes.

106. M. de *Prony* dans ses *Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes*, a appliqué une savante analyse à la détermination des lois qui régissent le mouvement de ces eaux, par la discussion des expériences que l'on doit à *Dubuat*. Voici les principaux résultats auxquels ce savant ingénieur est parvenu; en nommant $V$ la plus grande vitesse à la surface d'un courant d'eau, sa vitesse moyenne $U$ est telle que l'on a généralement, $U = V \frac{V + 2,37187}{V + 3,15312}$. Cette formule, qui représente parfaitement toutes les observations faites, peut être remplacée dans la pratique, lorsque les vitesses sont comprises entre 1 et 3 mètres, par la formule $U = 0,82\ V$.

Celle-ci, lors même que $V$ serait supposée infinie, ne conduirait à une valeur de $U$ en erreur sur celle fournie par la formule précédente, que de $\frac{V}{5}$.

Cette formule approximative peut s'énoncer en disant que, *la vitesse moyenne d'un cours d'eau est égale, à fort peu près, aux quatre cinquièmes de sa plus grande vitesse à la surface.*

107. Quant au mesurage de la plus grande vitesse $V$ qui se manifeste à la surface d'une rivière, on peut l'opérer de diverses manières. La plus simple consiste à abandonner au fil de l'eau un petit flotteur, dont le poids spécifique diffère très-peu de celui de ce liquide, et d'observer avec une montre à secondes le nombre de celles-ci que ce flotteur met à parcourir une longueur de la rivière, mesurée d'avance en mètres; ce nombre de mètres divisé par le nombre de secondes observé fournira pour quotient la vitesse cherchée.

On se sert aussi pour arriver à la connaissance de cette vitesse d'un petit moulinet léger, dont les bords extérieurs des ailes ne font qu'effleurer la surface de l'eau de la rivière, qui leur communique sa vitesse. Le diamètre du moulinet

étant connu, ainsi que le nombre de révolutions qu'il effectue dans un temps donné, il est très-facile d'en déduire la vitesse qui l'anime. Pour rendre ces observations indépendantes de la résistance de l'air et des frottemens, on peut agir comme *Smeaton* l'a fait dans ses expériences sur les roues hydrauliques, voyez pour cela la page 141.

108. *Pitot* parvenait à la vitesse des rivières, en leur présentant l'ouverture d'un tube recourbé d'équerre, dans la branche verticale duquel l'eau s'élevait à une hauteur égale à celle dont elle aurait dû tomber pour acquérir sa vitesse actuelle, qu'il en déduisait par le calcul de la formule du n° 15; cette hauteur est celle que j'ai appelée *chute immédiate*. *Dubuat* a perfectionné le *tube de pitot* en bouchant l'ouverture présentée au choc de l'eau, avec une plaque percée d'un petit trou, par lequel l'action du courant se communique dans l'intérieur du tube; et en faisant la branche verticale d'un diamètre assez grand pour pouvoir y placer un flotteur, dont la tige, en sortant au-dessus du tube, indique à quelle hauteur l'eau de la rivière s'y élève. Ce tube étant plongé à diverses profondeurs, on peut s'en servir encore pour étudier la manière dont les vitesses varient depuis la surface des rivières jusqu'à leur fonds.

109. Voici, d'après M. de *Prony*, les formules qui lient les divers élémens des canaux et des tuyaux avec les vitesses moyennes de l'eau qui les parcourt,

soit $U =$ la vitesse moyenne de l'eau dans le canal ou dans le tuyau.

$\lambda =$ la longueur du canal ou du tuyau.

$\zeta =$ la différence de niveau entre les deux points extrêmes.

$\omega =$ l'aire de la section transversale du canal.

$\chi =$ le périmètre de cette section.

$D =$ le diamètre du tuyau,

$H' =$ la hauteur de la charge d'eau sur l'orifice supérieur

$H'' =$ la hauteur de la charge d'eau sur l'orifice inférieur, hauteur qui est nulle si le tuyau dégorge dans l'air atmosphérique.

*Pour les canaux* on a la relation

$$0,0000444499\,U + 0,0003309314\,U^2 = \frac{\omega}{\chi}\cdot\frac{\zeta}{\lambda}$$

qui servira à calculer une quelconque des cinq quantités qu'elle renferme, lorsque les quatre autres seront données.

C'est des règles qui découlent de cette formule que l'on devra faire usage, et non de celles indiquées par *Evans*, § 64 et § 65, dont l'approximation est insuffisante.

Si la section du canal est un trapèze à bases horizontales dont le rapport de la base du talus à la hauteur est connu, ainsi que la profondeur $h$ de l'eau, on a les valeurs particulières

$$\omega = (1 + nh)\,n \quad \text{et} \quad \chi = 1 + 2h\sqrt{(1 + n^2)}$$

110. *Pour les tuyaux*, la relation correspondante à celle du numéro précédent est

$$0,0000173314\,U + 0,000348259\,U^2 = \frac{D}{4}\left(\frac{H' + \zeta - H''}{\lambda}\right)$$

Si, en conservant la notation admise, on suppose en outre que

$Q =$ la dépense du tuyau durant une seconde,

en convenant de faire

$$Z = H - H' + \zeta \quad \text{et} \quad J = \frac{Z}{\lambda}$$

on a l'équation

$$JD^5 - 0,000088268\,QD^2 - 0,00225830\,Q^2 = 0$$

qui, jointe à la précédente, servira à résoudre les diverses questions proposées sur l'emploi des tuyaux de conduite.

### Des roues hydrauliques.

*Roues en-dessus ou à-augets.*

111. De tous les récepteurs hydrauliques, les roues en-dessus mues par le poids seul de l'eau sont théoriquement et expérimentalement les plus avantageux. Les expériences de *Smea*-

*ton* rapportées en entier dans les § 67 et 68 de l'ouvrage d'*Evans*, et qui ont été confirmées non-seulement par toutes celles faites depuis, mais encore par des observations sur de grands moteurs hydrauliques, sont bien propres à porter la persuasion dans l'esprit des lecteurs capables d'en apprécier le mérite (Voyez page 442.)

Voici comment on peut établir la théorie de ces sortes de roues. Soit $V$ la vitesse de l'eau arrivant, sans choc, dans les augets d'une roue en-dessus animée à sa circonférence, d'une vitesse $v$ supposée arrivée à l'uniformité. La vitesse que l'eau perdra par le fait de son introduction dans les augets aura pour valeur $(V-v)$, et la vitesse que ce liquide conservera dans l'espace en abandonnant la roue sera $v$.

Si donc le cours d'eau fournit $M$ kilogrammes d'eau par seconde, $\frac{\pi DM}{2v}$ sera le nombre de kilogrammes d'eau écoulés pendant un demi-tour de la roue dont $D$ exprime le diamètre. Ainsi, si pour appliquer le principe de la conservation des forces vives on remarque que $\frac{\pi DM}{2v}(V-v)^2 + \frac{\pi DM}{2v}v^2$ est la somme des forces vives perdues par l'eau durant un demi-tour de roue; que $\frac{\pi DM}{2v}(D-d)$ est l'action mécanique réellement transmise à la roue par le moteur, si $d$ représente la hauteur au-dessus du bief inférieur à laquelle les augets peuvent être censés se vider; et qu'enfin l'action mécanique épuisée par la résistance opposée à la roue, pouvant être représentée par un nombre inconnu $P$ de kilogrammes, élevés au moyen d'une corde s'enroulant autour de la circonférence de cette roue, est alors $P\frac{\pi D}{2}$ pendant un demi-tour de roue: on a l'équation

$$\frac{\pi DM}{2v}(D-d) - \frac{\pi D}{2}P = \frac{1}{2}\left\{\frac{\pi DM}{2v}(V-v)^2 + \frac{\pi DM}{2v}v^2\right\}$$

qui revient à

$$Pv = M(D-d) - \frac{M}{2}\left\{ v^2 + (V-v)^2 \right\},$$

relation indépendante comme cela doit être, du nombre de révolutions de la roue.

112. Sous cette forme il est manifeste que le maximum absolu de la valeur de l'action mécanique $Pv$ épuisée par la résistance, correspond au cas où les vitesses $v$ et $V$ étant infiniment petites, les augets se vident au bas de la chute, ce qui exige que $d = 0$. On aurait alors $Pv = MD$, c'est-à-dire que ce maximum absolu serait égal à la quantité d'action mécanique développée par le poids entier de l'eau tombant de toute la hauteur du diamètre de la roue ou de la chute ; et en effet dans cette hypothèse il n'y aurait aucune perte de force vive, et l'eau parcourant sa chute entière, tout son effet accélérateur pourrait être épuisé par la résistance.

Mais ces circonstances ne pouvant pas être réalisées, car sans vitesse il n'y a pas d'action mécanique, si pour approcher de ce maximum absolu on prenait les vitesses $V$ et $v$ fort petites, alors le mouvement de la roue deviendrait irrégulier, la largeur et la profondeur des augets en seraient démesurées et les engrenages pour développer des vitesses utiles aux arts, devraient enfin être multipliés extraordinairement.

Il faut donc chercher les conditions qui, dans le cas de l'adoption de valeurs finies pour les vitesses $V$ et $v$, conduisent à un maximum relatif. En égalant à zéro le coefficient différentiel de $Pv$, pris par rapport à $v$, on obtient $v = \frac{V}{2}$ c'est-à-dire que *la vitesse de la circonférence d'une roue en-dessus doit être égale à la moitié de celle de l'eau affluente, pour que cette roue produise le plus grand effet relatif à la vitesse admise.*

On arrive élémentairement au même résultat en cherchant l'accroissement $Pv'$ que produit, dans la quantité d'action mécanique $Pv$, un accroissement très-petit $v'$ de la vitesse $v$. Il suffit pour cela de substituer $v + v'$ pour $v$, dans l'expression

générale de cette action, et il vient en vertu de cette expression elle-même, $Pv' = M(V - 2v - v')$. Sous cette forme on voit que cet accroissement sera infiniment petit avec $v'$, et qu'il en suivra le signe si l'on pose $V - 2v = 0$ ou $v = \frac{V}{2}$, condition du maximum.

113. Cette analyse montre que l'effet maximum $E$, d'une roue à augets, est donné par la formule $E = M(D - d) - \frac{MV^2}{4}$ effet, qui aurait pour valeur la quantité totale d'action mécanique dépensée par le cours d'eau, si on pouvait rendre $d$ et $V$ nuls. Mais à cause de l'impossibilité de faire vider les augets précisément au bas de la roue et de livrer l'eau sans vitesse, l'expérience prouve que l'on ne doit pas compter, dans la pratique ordinaire, sur beaucoup plus que $E = \frac{3}{4}\ M\ H$ métrolit.

114. L'expérience a prouvé encore que plus le diamètre des roues à augets est petit, moins on peut en ralentir le mouvement. La vitesse des petites roues doit être d'un mètre par seconde, et celle de la circonférence des grandes roues ayant 10 mètres de diamètre, peut être réduite sans inconvénient à $0^m,6$ seulement. La vitesse de l'eau affluente dans ces deux cas devrait donc être de 2 mètres et de $1^m,20$ par seconde ; vitesses dues à des chutes ou épaisseurs de lame d'eau de $0^m,2039$ et de $0^m,0734$.

Il résulte de là que, pour dépenser des masses d'eau égales, les largeurs des napes d'eau motrices d'une petite et d'une grande roue à augets tournent avec les vitesses supposées, et que par conséquent aussi ces roues elles-mêmes devraient avoir des largeurs dans le rapport de 1 à 4,6 environ.

Ce résultat suffit pour montrer que le peu d'avantage que l'on trouverait à réduire ainsi la vitesse des grandes roues en-dessus disparaîtrait par suite de la pression qu'exercerait sur ses tourillons le poids énorme de la partie dont cette roue deviendrait plus large ; la construction de cette partie de roue coûterait d'ailleurs à elle seule près de trois fois et demie autant que la

roue animée de la vitesse de 1 mètre par seconde. Il est donc convenable de faire mouvoir les grandes roues à augets aussi vite que les petites roues de cette espèce; si l'on s'écartait de cette règle, cela ne devrait être que pour leur donner au contraire un peu plus de vitesse, dans le cas où le volume d'eau motrice étant assez considérable, on voudrait sacrifier une légère perte de force à l'obtention d'un plus grand degré de vitesse, afin de diminuer la multiplicité des engrenages de l'usine à établir.

Admettons donc comme règles générales que *la vitesse de la circonférence des roues en-dessus doit être d'un mètre par seconde;* et que *la vitesse de la lame d'eau motrice affluente doit être de deux mètres dans le même temps.*

La hauteur génératrice de la vitesse admise pour l'eau, est 0,$^{m}$2039, nombre qui exprime par conséquent *l'épaisseur sous laquelle la lame d'eau doit être livrée sans choc, au sommet de la roue;* je désignerai, pour abréger, cette épaisseur par $h$, de sorte que dans les calculs suivans $h=0,^{m}2039$.

115. Il résulte de ce qui précède que la forme à donner aux augets de la roue n'est autrement indiquée par la théorie que par les conditions de leur faire éviter le choc de l'eau affluente; de les faire déverser le plus bas possible la charge d'eau qu'ils ont reçue, afin de rendre le facteur $(D-d)$ du premier terme de la valeur générale de $E$ le plus grand possible, en diminuant la hauteur $d$; et enfin de leur faire reporter cette charge le plus loin possible de l'axe de la roue, afin de donner plus de longueur au bras du lévier par lequel elle agit sur cette roue.

Pour remplir ces indications, j'ai employé des *augets cylindriques* en tôle dans la construction de plusieurs roues en-dessus, qui ont donné des résultats très-satisfaisans. Les bases ou rencontres de ces augets avec les joues de la roue sont des *arcs de cercle tangens à la circonférence extérieure de la roue et en même temps osculateurs de la courbe parabolique décrite par les filets inférieurs de la lame d'eau affluente.* Cette courbe ne différant pas au sommet de celle représentée par l'équation $y=0^{m},8156x$, l'origine étant au bord du chenal et les $y$

horizontaux ; le rayon du cercle osculateur à ce sommet sera $\rho = 0^m,4078$.

116. Le poids de l'eau à utiliser par seconde étant connu par suite du jaugeage que l'on en aura fait, si le nombre de kilogrammes en est $M$, on calculera la *largeur L qu'il faudra donner à la roue*, ainsi qu'au chenal, en la dégageant de l'équation du n° 102,

$$M = 1845,49\, L\sqrt{h^3}$$

qui exprime la dépense du chenal, et d'où résulte en substituant pour $h$ sa valeur numérique

$$L = 0,00588522\, M.$$

117. Pour ce qui est du *diamètre D de la roue*, si l'on appelle $H$ la hauteur totale de la chute, c'est-à-dire la différence de niveau existant entre les surfaces de l'eau dans les biefs supérieur et inférieur, mesurée en mètres, on a

$$D = H - h = H - 0^m,2039.$$

118. Il reste à déterminer l'épaisseur qu'il faut donner à la *zone des augets*. Pour y arriver, cherchons-en d'abord *l'épaisseur théorique*, c'est-à-dire l'épaisseur du manchon ou cylindre creux que formerait l'eau fournie par le moteur durant un tour de roue, si cette eau pouvait en tapisser uniformément le dedans. Il est clair que, si $D'$ représente le diamètre intérieur de ce cylindre creux, le poids du volume d'eau formant cette zone entière, est $1000\,\frac{\pi}{4}\,(D^2 - D'^2)\,L$ kilogrammes ; de sorte qu'en multipliant ce poids par $\frac{1}{\pi D}$, *nombre de tours que doit faire toute roue à augets pendant une seconde*, le produit devra égaler le poids $M$ kilog. de l'eau affluente durant ce temps ; ainsi :

$$\frac{1000}{4}\,(D^2 - D'^2)\,\frac{L}{D} = M.$$

En tenant compte de la relation trouvée, n° 116, entre $L$ et $M$, il est facile de déduire de cette équation l'épaisseur théorique de la zone des augets.

$$\frac{D}{2}-\frac{D'}{2}=\frac{D}{2}\left\{1-\sqrt{1-\frac{1}{1,4713D}}\right\}$$

Valeur facile à calculer, mais qui l'est bien davantage en la réduisant en série convergente, dont les premiers termes qui suffisent aux besoins de la pratique, fournissent la formule

$$\frac{D}{2}-\frac{D'}{2}=0^{m},16992+\frac{0^{m},0887}{D}+\frac{0^{m},009812}{D^{2}}$$

Pour les roues à augets de $2^{m}$ et $10^{m}$ de diamètre, on voit donc que l'épaisseur de la zone théorique des augets ne varie qu'entre $0^{m},18681$ et $0^{m},17291$, c'est-à-dire de 14 millimètres.

119. L'épaisseur de la zone théorique des augets étant connue de cette manière, on est en mesure de *déterminer le nombre d'augets dont la roue doit être garnie*, ainsi que l'épaisseur effective qu'il faut donner à leur zone. Pour cela on trace d'abord le cercle extérieur *Heag*, *fig.* 226 de cette roue, ainsi que la limite $H'hb$ de la zone théorique des augets; on mène ensuite le rayon $oa$ faisant avec l'horizon de l'axe de la roue et en dessous un angle égal à un tiers d'angle droit, et on décrit du point $o$ de ce rayon et avec le rayon $\rho$ de $0^{m},4078$, l'arc de cercle $abc$, base de l'auget correspondant. L'auget dans cette position doit être encore plein d'eau, de sorte que si l'on conduit par son bord $a$ l'horizontale $ah$, cette droite représentera la surface du liquide, et interceptera avec le contour de l'auget un certain arc $hb$ sur le cercle intérieur de la zone théorique des augets ; le nombre de fois que cet arc $bh$ sera contenu dans ce cercle indiquera le nombre d'augets dont la roue devra être munie. Il est évident que le nombre

trouvé de cette manière sera presque toujours fractionnaire, mais on s'arrêtera au nombre entier le plus approchant.

Il résulte de là que si l'on décrit le cercle *od* concentrique avec le cercle *Heag*, et passant par le centre *o* de la base *abc* de l'auget considéré, ce cercle *od* contiendra les centres des bases de tous les autres augets, de sorte que si du point *h* comme centre et avec une ouverture de compas égale à $\rho$ ou $0^m,4078$, on trace un petit arc en travers du cercle *od*, l'intersection *d* qui en résultera indiquera le centre de la base *ehf* de l'auget supérieur, dans le cas où l'arc *hb* divise exactement la circonférence intérieure de la zone théorique des augets.

Dans le cas contraire, on prend les arcs *ae*, *eg*, égaux à la fraction de la circonférence déterminée de la roue relative au nombre d'augets que l'on aura adopté, et en menant le rayon *ed* de cette roue, il coupera le cercle tracé *od* au point *d*, centre de la base de l'auget supérieur, laquelle ne passera pas alors exactement au point *h*, mais s'en écartera plus ou moins.

120. Il ne reste plus enfin qu'à *déterminer la zone effective des augets*. L'emploi même de ceux-ci fait que le volume de la zone théorique, calculé par la formule précédente, se trouve diminué de tout l'espace situé entre l'extérieur de la roue, le ventre des augets, et la surface de l'eau qu'ils contiennent. Si l'on veut donc que toute l'eau motrice soit reçue par les augets, comme elle le serait dans la zone théorique, il est nécessaire d'étendre leur capacité en dedans de cette zone, et d'une quantité telle que ces augets ne commencent à se vider que lorsque les rayons de la roue, qui correspondent à leur bord, font avec l'horizon et en-dessous un angle plus grand que le tiers d'un angle droit, comme on l'a déjà dit.

On opérera donc sur l'auget *abc*, et ayant mené le rayon *gi* par le bord de l'auget inférieur, on remarquera que la portion de la zone théorique correspondante *agil* se trouve diminuée d'une quantité proportionnelle aux triangles curvilignes *alh*, *agm*, dont les surfaces sont à peu de chose près

exprimées par ($\frac{1}{2}\,al \times hl + \frac{1}{3}\,ag \times gm$); si donc on veut limiter l'auget considéré par le cercle *ckf*, il faut que la surface de la figure *fhimcf*, qui a pour expression fort approchée ($\frac{1}{2}\,im \times bi + bh \times bk$) soit équivalente à celle des deux triangles mentionnés, ce que l'on écrira ainsi :

$$bk \times bh + \frac{1}{2}\,im \times bi = \frac{1}{2}\,al \times hl + \frac{1}{3}\,ag \times gm$$

on déduit de là, pour la quantité inconnue *bk* la valeur suivante :

$$bk = \frac{3\,al \times hl - 3im \times bi + 2ag \times gm}{6bh}$$

ce qui complète la connaissance de tous les élémens de la roue à augets que l'on avait à construire.

*Roues en-dessous mues par pression et renfermées dans un coursier.*

121. M. le capitaine du génie *Poncelet* a imaginé de construire des roues en-dessous à aubes courbes mues par pression, c'est-à-dire entre les aubes desquelles l'eau motrice s'introduit sans choc. Ces roues ont un grand avantage sur les roues à aubes ordinaires, et conviennent parfaitement à toutes les chutes au-dessous de deux mètres.

Soit $V$ la vitesse de l'eau à l'endroit du coursier où elle commence à monter sur les aubes $H$ la hauteur génératrice de cette vitesse, et $v$, la vitesse de la circonférence de la roue. Il est clair que $V-v$ sera la vitesse relative avec laquelle l'eau s'élèvera le long de l'aube courbe ; ainsi, d'après le n° 17, la hauteur à laquelle elle y parviendra a pour expression $\frac{(V-v)^2}{2g}$. L'eau motrice, en redescendant ensuite le long de l'aube, aura donc acquis la même vitesse relative ($V-v$) à l'instant où elle l'abandonnera ; ainsi la vitesse absolue de



l'eau dans l'espace sera, à ce moment $(V-v)-v$, c'est-à-dire $V-2v$. Pour la production du plus grand effet possible, il suffit que cette vitesse soit nulle, c'est-à-dire que $v=\frac{V}{2}$ ou que *la vitesse de la roue soit égale à la moitié de celle du courant.*

122. Le principe des forces vives étant appliqué aux roues actuelles d'une manière analogue à l'application que j'en ai faite, n° 120, aux roues à augets, indique que la quantité d'action mécanique communiquée par l'eau motrice à la roue, est égale à la totalité de celle possédée par cette eau.

Mais, comme dans l'exécution des roues à aubes courbes, il est impossible d'obtenir que le cours d'eau les sollicite absolument sans choc, et parce qu'à cause du mouvement de rotation de la roue ces aubes changent continuellement de position dans l'espace, circonstance qui modifie la vitesse que reprend l'eau en descendant le long de ces aubes, l'expérience prouve que la vitesse de ces roues doit être égale aux 0,6 de celle du courant et qu'on ne peut estimer leur effet utile $E$, qu'à la moitié seulement de la force possédée par l'eau motrice, c'est-à-dire que $E=\frac{MH}{2}$ métrolitres.

123. Quel que soit le diamètre $D$ que l'on adopte pour la roue; les élémens extérieurs des aubes courbes devront en croiser la circonférence sous un angle de 24 degrés; et le nombre de tours que cette roue effectuera par minute est exprimé par

$$T=\frac{50{,}6997\sqrt{H}}{D}$$

Le coursier par lequel le bas de ces roues doit être embrassé est incliné en aval de 0,1 de sa longueur. Il sert de seuil à la vanne penchée vers l'amont, afin de livrer l'eau le plus près possible du pied de la roue en aval duquel on pratique un petit ressaut pour faciliter le dégagement de l'eau.

L'ouverture de vanne convenable aux petites chutes servies par des cours d'eau volumineux doit avoir deux fois autant de largeur que de hauteur; lorsque les cours d'eau sont faibles et

les chutes élevées, cette ouverture doit être quatre fois aussi large que haute. Dans tous les cas, la hauteur de l'ouverture de la vanne ne doit pas être moindre que $0^m,1$, ni plus grande que $0^m,4$, et l'épaisseur de la lame d'eau n'est que les $\frac{3}{4}$ de cette hauteur.

L'étendue de la couronne des *aubes courbes* ou cylindriques, vers l'axe de la roue, doit être égale au tiers de la chute, et l'écartement de ces aubes doit être tenue de $\frac{1}{2}$ aux $\frac{2}{3}$ de la hauteur de l'ouverture de la vanne. Pour de plus amples développemens, voyez le *Mémoire sur les roues hydrauliques à aubes courbes, mues par dessous*, etc., par *M. Poncelet*, Metz, 1827.

*Roue à aubes pendantes ou mues par l'impulsion d'un courant indéfini.*

124. Les roues à aubes pendantes sont exclusivement employées dans les moulins établis soit sur les rivières où l'on ne peut pas pratiquer de barrage élevé, soit sur des bateaux comme on en voit plusieurs sur le Rhône à Lyon.

Je crois que la théorie de l'action de ces sortes de roues peut être présentée de la manière suivante. Soit $U$ la vitesse moyenne d'un courant indéfini, dans l'étendue seulement de la lame d'eau motrice, et $v$ la vitesse du centre de figure des aubes de la roue; $U - v$ sera la vitesse relative de l'eau motrice par rapport à cette roue. Si donc $\omega$ est l'aire d'une aube, le volume du prisme d'eau qui choquera la roue durant une seconde aura pour expression $(U-v)\,\omega$. Le poids de ce prisme étant $1000\,(U-v)\,\omega$ kilogrammes, la masse d'après le n° 17, en sera exprimée par

$$\frac{1000\,(U-v)\,\omega}{g}$$

Le produit de cette masse multipliée par la vitesse relative de l'eau exprimera la quantité de mouvement avec laquelle le courant sollicite la roue, savoir $1000\,\omega\,\frac{(U-v)^2}{g}$.

Ainsi la quantité d'action mécanique communiquée à la roue par la partie utile du courant durant une seconde est exprimée par

$$1000\ \omega\ \frac{(V-v)^2}{g}\ v \text{ métrolitres.}$$

125. Pour que cette quantité soit un maximum, il fau qu'une très-petite variation de $v$ ne lui en fasse aussi éprouver qu'une très-petite, et que cette variation suive le signe de celle de $v$; en prenant donc la même marche qu'au n° 112; ou, ce qui est la même chose, en égalant à zéro le coéficient différentiel de cette expression, on trouve $(U-v)^2 - 2v(U-v) = 0$, d'où l'on tire de suite $v = \frac{U}{3}$. Cette équation indique que *la vitesse de la roue doit être égale au tiers de la vitesse moyenne de la partie utile du courant*, pour qu'elle en reçoive la plus grande quantité d'action mécanique possible.

Ainsi la plus grande quantité d'action mécanique livrée à la roue sera, en substituant la valeur de $v$,

$$\frac{4000}{27}\ \omega\ \frac{U^3}{g} \text{ métrolitres.}$$

126. Pour comparer ce maximum d'effet à la dépense d'action mécanique du courant sur le chemin des aubes, il faut remarquer que le volume d'eau écoulé par seconde, sur ce chemin, est $\omega U$, correspondant au poids $M = 1000\,\omega U$ kilogrammes; et que la chute immédiate moyenne $H$ du courant serait telle que $U^2 = 2gH$. Si donc on introduit $M$ et $H$ dans l'expression trouvée pour le maximum d'action mécanique livré à la roue par seconde, elle prend la forme de

$$\frac{8}{27} MH \quad \text{ou} \quad \frac{1}{3{,}375} MH \text{ métrolitres.}$$

Je ne connais point d'expériences assez précises sur les roues à aubes pendantes pour assigner d'une manière positive la modification que cette valeur du maximum d'effet éprouve dans la pratique; mais je pense que c'est tout au plus

si on peut le supposer égal au quart de la quantité d'action mécanique dépensée par le courant. En lui assignant cette valeur, on trouvera facilement que

$$E = 12{,}75\,\omega\,U^3 \text{ métrolitres.}$$

cette expression sera plus utile que celle en $M$ et $H$, parce que, dans le cas actuel, c'est la surface $\omega$ de l'aube et la vitesse $U$ du courant, qui sont les données principales.

Il résulte de ce qui précède que l'effort exercé sur les aubes de la roue est

$$\frac{4000}{9}\,\omega\,\frac{U^2}{g} \text{ kilogram.}$$

127. Si $D$ représente le diamètre adopté pour le cercle passant par le centre de figure ou *centre d'impulsion* des aubes, le nombre $T$ de tours que la roue fera par minute sera exprimé par l'équation $T = 6{,}36619\,\frac{U}{D}$.

*Roues à aubes en dessous, renfermées dans un coursier.*

128. Ordinairement l'eau est livrée à ces sortes de roues par une vanne qui doit être inclinée vers l'amont, afin que l'ouverture soit située le plus près possible des aubes; disposition qui rend le choc de l'eau plus efficace.

Soit $H$ la hauteur de la colonne d'eau sous laquelle l'écoulement de ce liquide s'opère par l'ouverture de la vanne, qui, mesurée dans un plan vertical, présente une aire $\omega$ mètres carrés. Si $V$ exprime la vitesse d'écoulement due à la hauteur $H$, c'est-à-dire si $V = \sqrt{2gH}$, la dépense théorique de la vanne sera, par seconde, $\omega V$ mètres cubes d'eau, et la dépense effective seulement $\frac{5}{8}\,\omega V$ mètres cubes dans le même temps.

Ce volume d'eau représente $\frac{5000}{8}\,\omega V$ kilogrammes,

dont la masse, d'après le n° 17, égale $\frac{5000\,\omega V}{8g}$

Si $v$ exprime la vitesse du centre d'impulsion des aubes



de la roue, cette masse d'eau ne frappe ces aubes qu'avec la vitesse relative existante $(V - v)$. Ainsi la force du choc contre les aubes, ou la quantité de mouvement de l'eau sera exprimée par $$\frac{5000\,\omega V}{8g}\,(V - v).$$

Mais le choc de l'eau se renouvelle incessamment et agit ainsi à la manière d'une force motrice; donc en multipliant la force du choc continu par la vitesse $v$ du centre d'impulsion des aubes, on trouvera la quantité d'action mécanique communiquée à la roue, par seconde, égale à $\frac{5000\,\omega V}{8g}(V-v)v$ métrolitres.

129. On cherchera, comme au nº 112, la condition qui doit exister pour que cette quantité soit un maximum, et on trouvera qu'il suffit que l'on ait $(V - v) - v = 0$, ou bien $v = \frac{V}{2}$; c'est-à-dire que *la vitesse du centre d'impulsion des aubes de la roue doit être égale à la moitié de la vitesse de l'eau motrice*, *pour que cette roue reçoive la plus grande quantité d'action mécanique.*

En substituant pour $v$ sa valeur trouvée, la quantité d'action mécanique reçue a donc pour expression.

$$\frac{5000}{8g}\,\omega\,\frac{V^3}{4} \text{ métrolitres.}$$

Mais si l'on pose $M = \frac{5000}{8}\,\omega V$, poids de l'eau écoulée pendant une seconde, en kilogrammes, comme $V^2 = 2gH$, la valeur de *la quantité d'action mécanique reçue par la roue durant une seconde* devient $\frac{MH}{2}$; et sous cette forme on voit clairement qu'elle *est égale à la moitié de celle du cours d'eau.*

130. Ces résultats théoriques ne peuvent être atteints dans la pratique, et les expériences, tant de *Bossut* que de *Smeaton* (Voy. pag. 153), prouvent que le *maximum d'effet* des roues à aubes renfermées dans des coursiers a lieu, lorsque la vi-

tesse à la circonférence extérieure de ces roues est égale aux deux cinquièmes de celle de l'eau motrice; et que même alors cet effet $E$ ne représente que le tiers de la quantité d'action mécanique du cours d'eau; c'est-à-dire que $E = \frac{MH}{3}$ métrolit.

131. Si le diamètre du cercle extérieur de la roue est désigné par $D$, comme dans la pratique, il faut donner aux points de sa circonférence une vitesse égale à $0,4V$, ou, ce qui est la même chose, égale à $1,77167 \sqrt{H}$; on trouve facilement le nombre de tours que la roue considérée devra effectuer par minute $T = 33,836 \cdot \frac{\sqrt{H}}{D}$.

132. Il convient que la hauteur des aubes vers l'axe de la roue soit égale au quart ou au tiers de la chute; et que leur écartement ait la même valeur.

Au reste les quatre règles données par *Smeaton*, § 67, au sujet des roues qui nous occupent, se déduisent avec la plus grande facilité de la valeur générale trouvée n° 129, pour la quantité d'action mécanique reçue par ces roues.

### Emploi de la vapeur comme moteur.

133. Le génie de l'homme ne s'en est pas tenu à l'utilisation de la force motrice que la nature lui a livrée dans les cours d'eau et dans les vents; il a cherché, dans les phénomènes résultant de l'action des corps les uns sur les autres, des moyens d'obtenir une force motrice en tous lieux, en tout temps et d'une intensité proportionnée à la résistance des travaux à exécuter. La vaporisation de l'eau, par la chaleur développée durant la combustion des corps capables de brûler avec flamme, a été appliquée avec bonheur à cet usage dans les *machines à vapeur*, chef-d'œuvre d'invention mécanique des temps modernes.

On doit distinguer ces machines en quatre grandes classes, savoir:

Machines à vapeur à *pression pleine* { sans *condenseur.* / avec *condenseur.* }

Machines à vapeur à *expansion* (1) { sans *condenseur.* / avec *condenseur.* }

Chacune de ces classes peut être divisée en trois genres, suivant que les pistons des machines jouissent d'un mouvement *rectiligne alternatif*, ou qu'ils sont animés d'un mouvement de *rotation*, *soit de va et vient*, *soit continu*. Les machines à vapeur de ce dernier genre sont dites *rotatives*; celles des deux premiers genres se subdivisent en deux espèces, selon qu'elles sont à *simple* ou à *double effet*, c'est-à-dire suivant qu'elles reçoivent de la vapeur d'un seul côté ou des deux côtés du piston. Les machines à simple effet sont aussi nommées *atmosphériques*, parce que l'atmosphère terrestre agit sur le côté du piston, opposé à celui contre lequel la vapeur exerce sa poussée.

Les limites de ces notes ne me permettant pas de traiter ce sujet avec l'étendue convenable, et comme je l'ai fait dans mon *Essai sur les machines à vapeur*, ouvrage encore en manuscrit, je me bornerai ici à quelques observations sur les avantages comparatifs des machines à expansion, à un seul et à plusieurs cylindres conjugués.

*Des vices résultant de l'emploi de plusieurs cylindres communiquant entre eux, dans la construction des machines à vapeur à expansion.*

134. L'analyse appliquée à la théorie des machines à vapeur à expansion des diverses espèces conduit, entre autres vérités, à ce

(1) Il ne faut pas confondre l'*expansion* de la vapeur avec sa *détente*. La première a lieu lorsque la dilatation de la vapeur s'effectue sans que sa température change, ce qui fait perdre à la vapeur sa propriété d'être semblable à de la *vapeur naissante*; tandis que dans sa détente, la vapeur en se dilatant change graduellement de température, pour rester dans tous ses états successifs, semblable à de la vapeur naissante.

résultat remarquable, que *la quantité d'action mécanique fournie par un volume déterminé de vapeur dirigé dans le petit cylindre d'une machine à expansion à deux cylindres, pour s'y dilater et continuer ensuite son expansion dans le gros cylindre de cette machine, est rigoureusement la même que la quantité d'action mécanique que fournirait le même volume déterminé de cette vapeur, s'il était immédiatement introduit dans le gros cylindre de la machine seulement, pour y exercer sa puissance, en s'y dilatant dans la même proportion.*

Il résulte de là que les constructeurs de machines qui ont employé deux, et à plus forte raison un plus grand nombre de cylindres, dans lesquels circule la vapeur pour s'y dilater successivement, ont mal estimé l'effet qu'ils devaient attendre de ce genre de disposition de leurs machines. Ils ont dépensé en pure perte 1° la matière des petits cylindres et des pièces qui en dépendent; 2° la main-d'œuvre de ces matières; 3° la force nécessaire pour mettre en mouvement les pistons de ces cylindres et leurs autres pièces mobiles; 4° l'excès de maçonnerie ou de tirant d'eau qu'occasione l'établissement de ces machines, à terre ou sur bâteau.

Afin de mettre à la portée de tout le monde la preuve de ce que je viens d'avancer, j'emploierai ici la méthode approximative que fournit le calcul arithmétique, pour déterminer la pression moyenne de la vapeur soumise à l'expansion dans un seul corps de cylindre. Cette méthode de calcul arithmétique repose sur la *loi expérimentale de Mariotte*, que l'on énonce dans le cas actuel, en disant que, si la vapeur est maintenue à une température constante pendant qu'elle est admise et qu'elle se dilate dans un ou plusieurs cylindres, les pressions de cette vapeur sur les pistons de ces cylindres sont en raison inverse des espaces occupés par cette même vapeur.

Je supposerai donc que le petit cylindre de la machine est divisé en 20 tranches égales par autant de positions successives du piston, et que la vapeur y est seulement admise pendant

que ce piston parcourt les 5 premières tranches. Le calcul indiqué conduira aux valeurs inscrites dans la première colonne du tableau suivant, pour les pressions successives qui auront lieu sur le piston dans ses 20 positions, celle qui à l'origine pressait sur l'unité de surface étant prise pour unité : la moyenne de toutes ces pressions est, comme on voit, 0,5788.

Si donc $A$ représente la surface du piston, et $H$ sa course, la quantité d'action mécanique qu'il reçoit de la vapeur, pendant la durée de cette course, est évidemment 0, 5788 $AH$.

135. Or, lorsque le piston est arrivé au bout du petit cylindre, la vapeur, dont la pression n'est plus que 0,250 sur l'unité de surface, passe dans le gros cylindre, dont le piston a une surface généralement double de celle de celui du petit cylindre, et par conséquent égale à 2 $A$. En supposant que la course du piston du gros cylindre est égale à celle du piston du petit cylindre, c'est-à-dire à $H$, il est clair que si je divise ce gros cylindre en 20 tranrhes égales par autant de positions de son piston, le volume de ces tranches sera double du volume des tranches opérées dans le petit cylindre. De plus, comme les pistons des deux cylindres se suivent dans leurs mouvemens, il en résulte que, chaque fois que le volume de la vapeur aura occupé une tranche du gros cylindre, elle aura nécessairement abandonné la tranche correspondante du petit cylindre; de sorte que le volume de cette vapeur n'aura réellement augmenté que d'une quantité égale au volume d'une tranche du petit cylindre. Donc les pressions successives de la vapeur sur l'unité de surface du piston du gros cylindre seront, pour les 20 positions considérées, la suite des nombres inscrits dans la troisième colonne du tableau suivant, dont la moyenne est 0,1701.

136. La pression moyenne que je viens de calculer, et qui pousse le gros piston dans le sens du mouvement du piston du petit cylindre, presse aussi ce dernier piston en sens contraire de son propre mouvement. L'action mécanique de la vapeur dans le gros cylindre doit donc se compter comme si cette va-

peur agissait sur un piston égal en surface à la différence des surfaces 2 *A*, et *A*, des deux pistons de la machine, c'est-à-dire à *A*; de sorte que cette action mécanique a pour valeur 0,170 *AH*; laquelle, étant ajoutée à celle calculée précédemment, donne pour l'action mécanique tótale, communiquée par la vapeur sur les pistons de la machine en travail, et pendant la durée d'une course (0,5788 *AH* + 0,170 *AH*), c'st-à-dire 0,7488 *AH*.

137. Ce résultat accordé, je suppose que je délivre, à une deuxième machine à vapeur composée d'un seul cylindre égal au gros cylindre de la machine précédente, la même quantité de vapeur semblable. Cette vapeur, avant de se dilater, n'occupera que 2,5 des 20 tranches de la machine actuelle; de sorte qu'un calcul du genre des précédens donnera, pour les pressions de la vapeur sur le piston, dans ses 20 positions successives, les nombres inscrits dans la quatrième colonne du tableau qui suit, et dont la moyenne est 0,3684.

Donc l'action mécanique totale, communiquée par le même volume de vapeur semblable que précédemment, est dans le cas actuel d'un seul cylindre 2 *AH* 0,3684 ou bien 0,7368 *AH*. Il est ainsi évident que cette action est sensiblement égale dans les deux machines; donc la vérité de mes assertions se trouve ainsi démontrée pour tout le monde.

138. *Tableau des pressions de la vapeur admise pendant le quart de la course du piston, dans les machines à expansion à deux cylindres; et pendant le huitième de la course dans les machines à expansion à un seul cylindre.*

| Nombre des tranches parcourues. | Machine à vapeur à expansion. A deux cylindres. Pression de la vapeur dans le petit cylindre. | Machine à vapeur à expansion. A deux cylindres. Pression de la vapeur dans le gros cylindre. | Machine à vapeur à expansion. A un cylindre. Pression de la vapeur dans le cylindre unique. |
|---|---|---|---|
| 1 | 1, | 0,238 | 1, |
| 2 | 1, | 0,227 | 1, |
| 3 | 1, | 0,217 | 0,958 |
| 4 | 1, | 0,208 | 0,626 |
| 5 | 1, | 0,200 | 0,500 |
| 6 | 0,835 | 0,192 | 0,417 |
| 7 | 0,716 | 0,185 | 0,357 |
| 8 | 0,626 | 0,178 | 0,312 |
| 9 | 0,556 | 0,173 | 0,278 |
| 10 | 0,500 | 0,167 | 0,250 |
| 11 | 0,455 | 0,161 | 0,227 |
| 12 | 0,417 | 0,156 | 0,208 |
| 13 | 0,385 | 0,152 | 0,192 |
| 14 | 0,357 | 0,147 | 0,178 |
| 15 | 0,333 | 0,143 | 0,167 |
| 16 | 0,312 | 0,139 | 0,156 |
| 17 | 0,294 | 0,135 | 0,147 |
| 18 | 0,278 | 0,132 | 0,139 |
| 19 | 0,263 | 0,128 | 0,132 |
| 20 | 0,250 | 0,125 | 0,125 |
| | 11,577 | 3,403 | 7,369 |
| Moyennes. | 0,5788 | 0,1701 | 0,3684 |

139. A la vérité les deux quantités d'action mécanique trouvées 0,7488 *AH* et 0,7368 *AH* ne sont pas parfaitement identiques, et la première surpasse la seconde de 0,0120 *AH*; mais cela tient, 1° à ce que je n'ai employé que trois décimales dans mes calculs, afin de pouvoir les effectuer dans quelques minutes, à l'aide de la règle logarithmique à calculer; 2° à la méthode de calcul arithmétique employée, laquelle n'est qu'approximative, et c'est là la véritable cause de la différence des résultats.

En effet, si l'on trace une figure représentant la section des tranches des cylindres considérés, et si l'on porte sur les lignes de division à partir d'un des côtés des cylindres des longueurs de droite exprimées par les nombres obtenus pour les pressions successives calculées, les extrémités de ces lignes décriront des portions d'hyperboles équilatères, et pour obtenir, avec la rigueur mathématique, les pressions moyennes, il faudrait calculer les surfaces comprises entre ces portions de courbe et les côtés mentionnés des cylindres représentés. Ces pressions moyennes seraient effectivement égales à ces surfaces, divisées par les hauteurs des cylindres. Dans la méthode de calcul employée, on a regardé chaque bande trapézoïde élémentaire de ces surfaces, correspondant à chaque tranche du cylindre, comme rectangulaire inscrite; de sorte que les différences de ces bandes rendront sensible à l'œil l'appréciation de l'erreur en moins, à laquelle conduit la méthode approximative du calcul arithmétique. Le tracé ferait voir aussi que l'erreur en moins est plus considérable dans le calcul relatif à la machine à vapeur à un seul cylindre, que dans celui qui se rapporte à la machine à vapeur à deux cylindres ce qui est vérifié par les valeurs numériques des actions mécaniques obtenues.

L'analyse, à l'aide d'une simple intégrale logarithmique, évite l'erreur d'approximation, dont on peut du reste diminuer la grandeur en augmentant le nombre de tranches imaginées. Si on est curieux de refaire les calculs effectués, dans la supposition de 40 tranches, on trouvera, pour les deux quantités d'action respectives, 0,7592 *AH* et 0,7488 *AH*,

qui ne diffèrent entre elles que de 0,0104 $AH$, quantité plus petite que la différence résultant des calculs qui précèdent. Cette différence disparaîtrait entièrement, en imaginant un très-grand nombre de tranches; car il résulte, des calculs que j'ai faits pour cet objet, que la vérité énoncée est réellement mathématique.

140. Il m'a été fort agréable d'apprendre, par divers renseignemens qui me sont parvenus, que la pratique justifie sur ce point la théorie : quelques propriétaires de machines à plusieurs cylindres en communication les ont fait remplacer par un seul, ou ont introduit de la vapeur dans chacun d'eux individuellement, et ont obtenu, par ce simple changement, des résultats de beaucoup supérieurs à ceux que fournissaient les premières dispositions de leurs machines.

Ces renseignemens devraient me dispenser de parler de l'objection, qui pourrait m'être faite, de la variation de la température de la vapeur dans les cylindres des machines à expansion, lors même que ces cylindres sont enveloppés dans une chemise unique; cependant je dirai aux partisans de la multiplicité des cylindres que, si la temperature varie, elle ne peut raisonnablement que *diminuer* par suite de l'augmentation du volume de la vapeur. Ainsi, dans cette hypothèse, la force élastique de cet agent décroîtrait, en raison plus rapide que le rapport inverse des volumes. Une autre circonstance qui tend à diminuer encore la quantité d'action mécanique de la vapeur, ainsi qu'un tableau analogue au précédent le montrera, tient à ce que dans la plupart des machines à deux cylindres on ménage les courses des pistons du petit cylindre et du gros dans le rapport de 11 à 15 environ; ce qui ne cause pas moins d'un cinquième de perte de la force totale de la vapeur. Il résulte donc de là que *les calculs qui précèdent sont établis dans le cas le plus favorable possible aux machines à vapeur à expansion et à plusieurs cylindres.*

141. Le motif le plus plausible que l'on peut donner pour justifier l'emploi des machines à vapeur à expansion et à deux

cylindres conjugués est la nécessité de régulariser le mouvement des machines à expansion, sur le piston desquelles la pression de la vapeur varierait de 1 à 0,125 dans un seul cylindre et dans le cas du tableau, tandis que dans le même cas, en admettant deux cylindres, cette pression varie beaucoup moins. Mais il est à remarquer que, dans le cylindre unique, la vapeur n'a été admise que dans 2, 5 tranches sur 20, ce qui n'est pas une dose convenable : en sorte qu'en recevant la vapeur dans le tiers ou dans la moitié de la capacité du cylindre, les pressions extrêmes de la vapeur offriront une différence telle qu'un volant bien proportionné suffira toujours pour donner au mouvement toute la régularité désirable quand la machine agira sur une résistance variable dans les limites ordinaires, et à plus forte raison lorsqu'elle sera employée à mettre en activité un moulin à farine, dont les meules courantes sont autant de volans.

J'ose espérer que cette note éclairera tant les constructeurs de machines à vapeur, que les industriels qui recherchent ces machines pour servir de moteurs dans leurs établissemens ; et que mes observations contribueront à introduire plus de simplicité et de convenance dans la construction des machines à vapeur, à expansion.

142. Je terminerai cette note en faisant remarquer qu'il est très-facile de transformer une machine à vapeur à pression pleine en une autre à expansion, en faisant accomplir en deux temps, convenablement séparés, la course du tiroir unique de distribution de la vapeur. J'ai employé ce moyen en 1827 ; et M. *Thiébaut* aîné vient d'en agir de même, il y a plusieurs mois, sur la machine de dix chevaux que M. *Saulnier* a construite depuis quelques années, pour mettre en mouvement son bel atelier de fabrication de cylindres à imprimer et d'objets de robinetterie, situé à Paris. L'économie de combustible que ce changement a procurée est telle, que cette machine qui consommait 13 *mesures* ou 520 kilogrammes de houille par journée de travail de 12 heures n'en brûle plus que 12 *mesures* ou

380 kilogrammes, quoique la vapeur ne soit poussée qu'à 1,25 atmosphères, et soit admise pendant la moitié de la course du piston.

Le moyen de transmission de mouvement employé par M. *Thiébaut* diffère du mien en ce qu'il n'admet qu'une seule proportion entre le temps de l'admission de la vapeur et celui accordé à l'expansion de ce fluide, tandis que mon mécanisme, à la vérité un peu plus compliqué, me donne la facilité de régler cette proportion à volonté; ce qui peut être avantageux surtout dans le cas où la résistance, vaincue par la machine, ne serait pas chaque jour la même.

## Des moulins.

143. Le lecteur a pu s'apercevoir qu'Oliver *Evans* et *Ellicot* n'ont fait aucune mention du poids des meules, dans les instructions qu'ils ont données sur la construction des moulins; ils n'ont pas même indiqué quelle épaisseur ces meules doivent avoir pour opérer un bon moulage. Il est cependant évident que le poids de *l'équipage* joue un très-grand rôle dans le travail d'un moulin; on appelle équipage l'ensemble de la meule courante et de toutes les parties du moulin qui sont liées avec elle d'une manière telle que leur poids ou une partie de leur poids s'ajoute à celui de cette meule.

*Fabre*, dans son *Essai sur la manière la plus avantageuse de construire les machines hydrauliques, et en particulier les moulins à blé*, établit que le poids de l'équipage, que la force horizontale détruite par les résistances, et que la quantité de farine entière produite, sont des quantités proportionnelles au carré du rayon de la meule et par conséquent proportionnelles entre elles. Quant à la vitesse de rotation des meules, elle doit être en raison inverse de leurs rayons.

Le même auteur rapporte les données suivantes, comme résultant de ses expériences.

Le poids de l'équipage d'une meule de 30 pouces de rayon doit être de 3990 livres.

Un équipage dont le poids ne s'élèverait qu'à 1436 livres serait désavantageux.

La résistance du blé peut être regardée comme sensiblement égale à la vingt-deuxième partie du poids de l'équipage.

Le bras de lévier moyen de cette résistance est égal aux deux tiers du rayon de la meule.

Des meules de 30 pouces de rayon produisent par heure 390 livres de farine entière.

Des meules de 30 pouces de rayon ne doivent faire que 48 révolutions par minute ; cependant on peut, sans trop d'inconvénient, leur en faire effectuer jusqu'à 61.

144. Si nous désignons donc par $d$ le diamètre de la meule courante, en admettant les expériences de *Fabre* pour base des calculs suivans, et en prenant le mètre et le kilogramme pour unités de mesure, nous aurons les proportions et les formules suivantes :

*Le nombre n de révolutions de la meule, par minute*, est à 1,6242 comme 48 est à $d$, d'où $n = \frac{77,9616}{d}$; mais on pourrait poser sans inconvénient $n = \frac{99,0762}{d}$

*Le poids e de l'équipage de la meule* est à $d^2$, comme 1953,129 kilogrammes est à $(1,6242)^2$; d'où $e = 749,376\ d^2$ kilogram.

*Le poids f de farine entière produite par la meule et par heure* est à 190,9073 kilogrammes, comme $d^2$ est à $(1,6242)^2$; d'où

$$f = 72,3675\ d^2 \text{ kilogrammes.}$$

145. Il résulte de ces données que la vitesse de la circonférence d'une meule par seconde peut varier entre $4^m,08206$ et $5^m,18760$, et qu'ainsi la vitesse des points situés aux deux tiers du rayon de la meule doit être comprise entre $2^m,7214$ et $3^m,4584$ par seconde.

Si l'on compare ces limites de vitesse avec les vitesses admises par *Evans*, savoir $7^m,4653$ et $5^m,5990$ au § 63, ou $7^m,7401$ et $5^m,16$ dans la table du § 61 ; et même avec les vitesses adoptées par *Ellicot*, art. 7, savoir $6^m,984$ et $4^m,656$, on voit qu'elles leur sont bien inférieures. Les vitesses que *Tredgold* recommande ne diffèrent que de quelques millimètres en plus de celles d'*Ellicot*; et celles indiquées par *Fenwik* ne surpassent ces dernières que de quelques millimètres.

En adoptant, avec M. *Navier*, un mouvement moyen de 4 mètres par seconde pour les points situés aux deux tiers du rayon de la meule, on aura un mouvement très-convenable pour la mouture *économique*. Cette vitesse permettra de diminuer le poids de l'équipage indiqué par *Fabre*, et de le déduire de la formule $e = 668\, d^2$ kilogrammes.

146. Dans cette hypothèse on aura $n = \frac{114,57}{d}$; et en multipliant l'effort $\frac{668\, d^2}{22}$ kilog., dépensé aux 2/3 du rayon de la meule, par le chemin $4^m$, on aura la valeur de la quantité d'action mécanique $q$, dépensée par seconde, pour maintenir la meule en activité de travail, savoir $q = 121,44\, d^2$ métrolitres.

On peut alors espérer de moudre par heure, à la *grosse*, une quantité de blé représentée par un poids de farine entière, $f = 78,69\, d^2$ kilogrammes.

147. En multipliant par 3600 la valeur de $q$, afin d'avoir la quantité d'action mécanique $Q$, dépensée par heure, pour la comparer à $f$, on a $Q = \frac{3600 \times 121,44 f}{78,69} = 5555,78 f$; c'est-à-dire qu'il faut dépenser une quantité d'action mécanique égale à 5555,78 métrolitres, ou à 5,55578 dynamodes, ce qui est la même chose, pour moudre *à la grosse* 1 kilogramme de blé. En admettant donc qu'un hectolitre de bon blé pèse moyennement 75 kilog., on dépensera pour le moudre, et aux deux tiers du rayon de la meule, une quantité d'action mécanique égale à 416,6835 dynamodes.

Si l'on compte la force motrice dépensée par le moteur, on

la trouvera bien plus considérable. Il résulte en effet, des données rapportées dans la note du § 64 de l'ouvrage d'*Evans* sur les expériences faites par ordre du gouvernement anglais, que, pour moudre et bluter 1 hectolitre de blé, les moteurs hydrauliques dépensent 780 dynamodes; W. *Aitkin* en adjuge 894, et *Evans*, au § 65, 1972,5 et 1975,9 au § 61 : *Tredgold* compte 729 dynamodes pour les moteurs à vapeur. La comparaison de ces divers nombres peut servir à faire apprécier la perfection des récepteurs des moulins qui y ont conduit.

148. Si l'on opérait la mouture du blé par la méthode économique, le remoulage des *reprises* réduirait le poids $g$ du grain moulu par heure, de telle sorte qu'il serait fourni par la formule, $g = 48{,}576\ d^2$, que j'ai déduite des données de *Tredgold.*

149. *Moulins à roues à augets, ou en dessus.* Si l'on suppose que le frottement des pièces qui composent un moulin épuise le dixième seulement de la quantité d'action mécanique capable d'en mouvoir l'équipage pendant le travail, il faudra compter que chaque meule courante, du diamètre $d$, dépense $134\ d^2$ métrolitres par seconde. Si donc

$M =$ le poids en kilogrammes de l'eau dépensée par seconde, par le moteur.

$H =$ La hauteur de la chute.

$D =$ Le diamètre de la roue à augets en dessus, qui y est établie.

$T =$ Le nombre de tours que la roue fait par minute.

$N =$ Le nombre de meules que cette roue peut faire mouvoir.

En se reportant au n° 113, où est indiquée la valeur de la quantité d'action mécanique, effet utile $E$ d'une roue à augets en dessus, comme on a évidemment $N = \frac{E}{134d^2}$, il en résulte; par une simple substitution, que $N = \frac{MH}{178{,}67\ d^2}$.

Cette formule est très-facile à calculer. Si l'on a, par exemple, $M = 450$ kilogram., $H = 2{,}6$ mètres et $d = 1{,}8$ mètres, on trouvera $N = 2{,}05$.

150. Il est tout aussi facile de voir, d'après les nos 118 et 146, que le rapport des vitesses de rotation de la meule et de la roue,

$$\frac{n}{T} = 6\,\frac{D}{d}.$$

Si $D = 2{,}4$ mètres et $d = 1{,}8$, par exemple, alors $\frac{n}{T} = 8$.

151. *Moulins à roues en-dessous mues par pression.* — Conservant la notation employée, et se reportant au no 122, où est indiqué l'effet utile des roues dont il est ici question, on a toujours $N = \frac{E}{134\,d^2}$ et par suite $N = \frac{MH}{268\,d^2}$ pour le nombre de meules que la roue peut faire mouvoir.

152. En se reportant de même aux nos 123 et 146, on trouvera, pour le rapport des vitesses de rotation des meules et de la roue $\frac{n}{T} = \frac{2{,}27\,D}{d\sqrt{H}}$.

Si, par exemple, on a ces valeurs, $H = 1^m{,}6$; $M = 500$ kilog.; $D = 4^m{,}5$ et $d = 1^m{,}5$; il résulte que $N = 1{,}325$, et que $\frac{n}{T} = 5{,}38$.

153. *Moulins à roues verticales pendantes.* Quand le moulin doit être mis en activité par une roue de cette espèce; en conservant la rotation employée et faisant

$U$ = la vitesse moyenne de la partie utile du courant indéfini,

$\omega$ = l'aire de l'aube de la roue,

et en se reportant aux nos 126 et 146, la relation

$$N = \frac{E}{134\,d^2} \text{ devient } N = 0{,}09514\,\omega\,\frac{U^3}{d^2}.$$

154. Cette équation montre que si $N$ était donné, on pourrait en déduire la valeur de $\omega$; ainsi pour une meule

$$\omega = 10{,}5\,\frac{d^2}{U^2}.$$

155. En partant des nos 127 et 146, on trouvera avec autant de facilité le rapport des mouvemens de rotation de la meule et de la roue, savoir $\frac{n}{T} = 18\,\frac{D}{Ud}$.

Par exemple, si l'on a $U = 3$; $d = 1^m{,}6$; $D = 5^m$ et $\omega = 2$ mètres carrés; on trouve $N = 2{,}007$ et $\frac{n}{T} = 18{,}75$.

156. *Moulins à roues en-dessous renfermées dans un coursier et mues par impulsion.* La rotation restant la même que pour les moulins dont il a été déjà question, on a les formules suivantes.

Le nombre de meules du diamètre $d$ que le cours d'eau peut mettre en activité de travail est donné d'après les nos 130 et 149 par $N = \frac{MH}{402\,d^2}$.

157. Le rapport du nombre de révolutions de la meule et de la roue hydraulique est exprimé par la formule

$$\frac{n}{T} = \frac{3{,}386\,D}{d\sqrt{H}}$$

qui se déduit de celles des nos 131 et 146.

Si on se donne, par exemple, $M = 5000$ kil., $H = 1^m{,}6$, $d = 1^m{,}5$ et $D = 4^m{,}5$, on trouvera $N = 8{,}845$ et $\frac{n}{T} = 2{,}539$.

## Moulins a vent.

158. Les expériences de *Smeaton* sur la construction et les effets des ailes de moulin à vent, analysées avec tout le détail né-


Google

cessaire dans le §. 69 de l'ouvrage d'Oliver *Evans*, constituent le travail le plus étendu et le plus complet qui ait été entrepris sur ce sujet.

Ordinairement l'axe du récepteur des moulins à vent est horizontal; alors ce récepteur est une espèce de *volant* composé d'*ailes* ou *voiles* fixées perpendiculairement et uniformément autour de l'extrémité de cet axe. Le nombre d'ailes généralement employé est de quatre, de forme rectangulaire, dont les dimensions sont, dans les environs de Paris, 11m,65 de long sur 2m,70 de large; dans le département du Nord, où les moulins sont en très-grand nombre et appliqués à divers genres de travaux, la longueur des ailes est de 12m,30. *Coulomb* (1) a fait sur quelques-uns de ces derniers moulins employés à la fabrication des huiles de graines au moyen de pilons, et à la mouture du blé, des expériences très-propres à faire connaître l'importance de ces machines. Avant de résumer celles relatives à la mouture, laissons *Coulomb* nous décrire lui-même la forme particulière des ailes des moulins des environs de Lille:

159. « Cinq pieds de la largeur de l'aile sont formés par » une toile attachée sur un châssis, et le pied restant par une » planche très-légère; la ligne de jonction de la planche et de » la toile forme, du côté frappé par le vent, un angle sensiblement concave au commencement de l'aile, et qui, allant » toujours en diminuant, s'évanouit à l'extrémité de l'aile. » La pièce de bois qui forme le bras et soutient le châssis, » est placée derrière cet angle concave. La surface de la toile » forme une surface courbe..... composée de lignes droites » perpendiculaires au bras de l'aile, et répondant par leurs » extrémités à l'angle concave formé par la jonction de la » toile et de la planche; et l'autre extrémité placée de manière qu'au commencement de l'aile, à six pieds de l'arbre,

(1) *Théorie des machines simples*, etc.; nouvelle édition; Paris, 1824, in-4, pag. 301.

» les lignes droites formeraient avec l'axe de l'arbre un angle de
» 60 degrés, et qu'à l'extrémité de l'aile cet angle serait de 78
» à 84 degrés; en sorte qu'il augmente de 78 à 84 à mesure
» que l'axe de rotation est plus incliné à l'horizon; cependant
» dant le pan gauche qui formerait l'aile, d'après cette description,
» cription, n'est pas encore exact, et au lieu d'être terminé par
» une ligne droite, il l'est ordinairement dans le côté sous le
» vent, par une ligne courbe dont la plus grande concavité
» est de 2 ou 3 pouces; l'arbre tournant auquel les ailes
» sont fixées s'incline à l'horizon entre 8 et 15 degrés. »

160. *Expériences sur des moulins à vent moulant du blé.*

| Nº des expériences. | Vitesse du vent par seconde, en mètres. | Nombre de tours des ailes par minute. | Nombre de tours de la meule par minute. | Poids du blé simplement moulu par heure, en kilogram. | Rapport de la vitesse du vent au nombre de tours des ailes. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,25 à 3,90 | elles commencent à se mouvoir. | . . . . . | . . . . . | |
| 2 | 5,85 | 11 à 12 | 35 à 60 | 400 à 450 | 1.635 à 1,5 |
| 3 | 9,1 | 22 | 110 | 900 | 1,27 |

Comme la farine obtenue dans la dernière expérience s'échauffe extraordinairement, les meuniers, pour *rafraîchir* les meules, changent de temps en temps l'espèce de grain soumis à la mouture.

*Modification à apporter à la construction des moulins à vent.*

161. Si l'on considère que, pendant les temps calmes, les moulins à vent chôment forcément, on pourra juger de l'énorme quantité de capitaux qui ne produisent rien pendant un bon tiers de l'année, et du tort qu'éprouvent souvent les habitans des pays éloignés des moulins à eau, par suite de la rareté

des farines. Il me semble, en conséquence, qu'une disposition qui n'augmenterait que de peu de chose la mise de fonds nécessaire à l'établissement d'un moulin à vent, et qui lui donnerait la propriété d'être mis en mouvement par des animaux de trait durant les chômages, serait un perfectionnement très-utile, et que l'on devrait adopter.

Tout consiste, comme on le pense bien, à lier un manége avec le gros fer de la meule.

Après avoir réfléchi sur les moyens d'exécution afin de découvrir le plus simple, voici comment je m'y prendrais s'il s'agissait d'arranger un moulin à vent en bois, tournant sur pivot ou *attaches*.

Les dispositions comportées par ce mode de construction pourront s'appliquer plus facilement et à moins de frais aux moulins à vent bâtis en forme de tour fixe, dont le comble seul est tourné à la demande du vent.

162. J'ouvrirais, suivant l'axe des *attaches*, un trou cylindrique assez grand pour donner passage à un arbre vertical en fer rond; les *soles*, les *chaises* et le *sommier* du moulin seraient percés dans le prolongement du trou des attaches, afin de permettre à l'arbre vertical de descendre jusque sur une crapaudine posée sur le sol du moulin.

Un collier boulonné contre une pièce de bois fixée au milieu et par dessous les *hautes pannes* maintiendrait le sommet de l'arbre vertical; je placerais le plus haut possible sur cet arbre une roue d'engrenage cylindrique qui commanderait un pignon cylindrique adapté sur le gros fer de la meule, au-dessus de la lanterne ordinaire, et de manière à pouvoir être dégrenée à volonté.

Vers le pied de cet arbre vertical serait fixé un pignon d'angle, que mènerait une roue d'angle montée sur un long arbre de couche, passant dans un conduit souterrain pour sortir de la tour du moulin et aller se mettre en communication avec l'arbre vertical d'un cabestan, scellé dans le sol extérieur et aux léviers duquel les chevaux seraient attelés. La même paire de

roues d'angle employée dans l'intérieur de la tour servirait ici, et l'arbre de couche pourrait être fait en bois, ainsi que celui du cabestan qui deviendrait une sorte de *manége*.

163. Dans la plupart des cas, la meule doit faire 60 révolutions par minute; or, en donnant 6,36 mètres de diamètre au cercle décrit par le milieu du corps des chevaux, comme ces animaux doivent parcourir pendant le travail 1 mètre de chemin par seconde, le cabestan ne fera que trois tours par minute, vitesse qui devra être vingtuplée pour convenir à la meule. Si donc l'engrenage cylindrique situé au-dessus de la meule est composé d'une roue et d'un pignon dans le rapport de 2 à 1, la vitesse de l'arbre vertical ajouté au moulin ne devra plus être que de 30 tours; il suffira donc d'employer deux paires d'engrenages d'angle, dont la roue soit 3,16 fois aussi grande que le pignon, de telle sorte que la vitesse de rotation de l'arbre de couche sera de 9,48 tours par minute, nombre à très peu près moyen proportionnel entre 3 et 30.

164. Si l'on construisait à neuf le moulin à vent, on pourrait en tenir la tour inférieure assez grande en diamètre pour pouvoir y placer un manége construit à l'aide de roues d'engrenage cylindriques, parce que l'arbre de couche employé dans la construction précédente pourrait être ici remplacé par un petit arbre de communication vertical. L'arbre du manége occuperait l'axe de la tour, et comme il tournerait dans le même sens que le grand arbre vertical qui doit s'élever dans l'axe supérieur du moulin, il n'y aurait aucun inconvénient à faire tourner le pivot du pied de celui-ci dans une crapaudine placée sur la tête de l'arbre du manége.

Dans le cas des vitesses précédemment supposées aux meules et à l'arbre du manége, on pourrait employer trois jeux de roues cylindriques dans le rapport de 1 à 2,71. Les cubes de de ces nombres sont en effet dans le rapport de 3 à 60, et on verra facilement que les vitesses de rotation du petit et du grand arbre vertical sont des moyennes géométriques entre ces mêmes nombres 3 et 60.

## Moulins a cylindres.

165. Quelques perfectionnemens que l'on ait apportés, soit dans les modes de construction des moulins à l'aide de meules, soit dans les procédés de transformation du blé en farine au moyen de telles machines, on ne peut néanmoins affirmer, en voyant de près les soins qu'exige le rhabillage fréquent des moulins ordinaires, qu'il ne soit pas possible d'imaginer une machine d'une composition plus heureuse. Si l'on pense aux opérations nombreuses et variées que l'on est parvenu à exécuter à l'aide de cylindres doués d'un mouvement de rotation, il sera naturel de supposer que la mouture des grains doit pouvoir être effectuée d'une manière analogue. C'est ce que l'expérience a prouvé et dont il n'est plus permis de douter aujourd'hui. J'ai vu de la belle farine moulue de cette manière; le pain que j'en ai vu faire à l'aide du *pétrisseur mécanique* de M. *Cavaillé* m'a paru très-beau et je l'ai trouvé fort bon. Si les moulins à cylindres continuent à donner les avantages qu'ils semblent déjà présenter, il est raisonnable de prévoir leur adoption dans la création de nouveaux établissemens, et peut-être leur substitution plus ou moins prochaine aux meules des moulins existans.

166. Il a été délivré à M. John *Collier*, en 1823, un brevet d'importation et de perfectionnement pour un moulin à cylindres ou à cônes, doués d'un mouvement de rotation autour de leurs axes placés dans une situation horizontale.

Dans les moulins formés par des troncs de cônes égaux et opposés, faisant le même nombre de révolutions par minute, les points de la surface de ces troncs de cône, situés dans le plan passant à distances égales des bouts, sont les seuls qui jouissent de la même vitesse; tous les autres points des surfaces opposés sont animés de vitesses différentes, et d'autant plus inégales, qu'ils se rapprochent davantage des extrémités des troncs de cône. Il se développe ainsi naturellement un frottement des parties voisines de la base de l'un des troncs de

cône contre les parties voisines du sommet de l'autre, et ce frottement, qui s'opère effectivement contre le blé soumis à la mouture, en même temps que celui-ci est écrasé, contribue à dépouiller le son en en détachant la farine.

Le même effet peut être produit, soit à l'aide de cylindres égaux effectuant des nombres différens de révolutions par minute, soit avec des cylindres inégaux tournant un égal nombre de fois pendant le même temps.

167. Si l'on employait des cylindres égaux effectuant un égal nombre de révolutions dans un temps donné, le frottement de leur surface n'ayant plus lieu, le son ne saurait être évidé sans l'emploi d'un *frottoir* que l'on fait ordinairement en bois dur, et que l'on appuie plus ou moins à l'aide d'un lèvier à romaine, contre la partie inférieure des cylindres. Mais cette disposition, qui simplifie la transmission du mouvement, est évidemment vicieuse sous le rapport de l'emploi de la force motrice; car ce frottoir agit à la manière d'un *frein dynamométrique* et épuise une grande portion de la puissance; sous ce point de vue, les dispositions précédemment indiquées doivent être préférées.

M. John *Collier*, si honorablement connu par ses utiles et importantes inventions mécaniques, a bien voulu me donner communication, pour la joindre à cet ouvrage, de la spécification suivante du brevet qu'il a obtenu. La description qui l'accompagne se rapporte, comme on le verra, au dessin de moulin à bras gravé dans la dernière planche.

## *Spécification du brevet d'importation et de perfectionnement délivré à M. John Collier, pour les moulins à cylindres.*

### *Considérations préliminaires et générales.*

168. La nouvelle machine dont il s'agit ici, propre à moudre et à concasser le grain et autres substances qui en sont susceptibles,

est basée sur le principe de deux ou d'un plus grand nombre de *cylindres* ou de *cônes*, unis, piqués ou cannelés en lignes droites ou autres lignes, travaillant les uns contre les autres par un mouvement de rotation, et en même temps, chacun séparément, sur une base avec laquelle ils sont en rapport.

*Nomenclature des différentes pièces du moulin à bras.*

169. Les mêmes lettres désignent les mêmes objets dans les figures qui représentent les dispositions adoptées pour les moulins à bras à cylindres.

La *fig.* 227 est une coupe générale du moulin; la *fig.* 228 en est l'élévation à l'échelle de 1 pour 12.

La *fig.* 229 représente les organes de la machine au quart de leur grandeur naturelle, dans les petites dimensions, pour lesquelles la force d'un homme, d'une femme et même d'un enfant est suffisante suivant la nature des substances que l'on soumet à leur action.

On construit la machine dans toutes les dimensions, suivant la quantité et la qualité de l'ouvrage que l'on veut obtenir, et relativement à la quantité de force motrice qu'on veut lui appliquer.

*A*, cylindres en acier ou autre matière, faisant laminoir et écrasant le grain, pour le préparer à être moulu immédiatement après, entre les mêmes cylindres *A* et la base *B*.

*B*, base en bois dur ou autre matière. Elle force sous les cylindres *A*, par le moyen du lévier *C* et du poids *D*. Le grain tombe sur cette base après avoir été écrasé entre les deux cylindres *A*; est repris par ceux-ci pour être moulu sur ladite base *B*, et être chassé dans le blutoir *C* par le mouvement des cylindres *A*.

*C*, lévier de pression de la base *B* sous les cylindres *A*, au moyen du poids *D*.

*D*, poids du lévier *C*. L'opération de la mouture, s'achevant à plusieurs reprises, on a soin, à chaque repasse, d'éloigner le

poids *D* sur les crans du lévier *C*, pour augmenter la pression de la base *B* contre les cylindres *A*, afin de détacher toute la farine du son.

*E*, pignons des cylindres *A*, dont l'un commande l'autre.

*F*, embouchure du blutoir *G* qui reçoit la mouture.

*G*, blutoir qui débouche en *P*.

*H*, battoir attaché en *S* au blutoir, et qui lui imprime son mouvement ou battement par celui qu'il reçoit de la rencontre des cames *J* fixées à la roue motrice *L*.

*I*, trémie ou entonnoir placé sur les cylindres *A*, dans lequel on met le grain à moudre.

*J*, cames fixées sur la roue motrice ou volant *L*, et qui, par leur rencontre avec le battoir *H*, donnent le mouvement au blutoir *G*.

*K*, planches dont le bord inférieur affleure les cylindres *A*, pour empêcher le grain de s'y attacher.

*L*, roue motrice faisant volant, et sur laquelle sont fixées les cames *J* et la manivelle *M*.

*M*, manivelle de la machine où l'on applique la force de l'homme, et en remplacement de laquelle on établit un engrenage, ou bien l'on fait venir une courroie ou une chaîne sur la roue motrice *L*, lorsqu'on use d'un autre moteur.

*N*, arbre moteur portant d'un côté la roue motrice ou volant *L*, et de l'autre l'un des cylindres *A*, qui commande l'autre cylindre par le moyen des pignons *E*.

*O*, caisse qui reçoit la mouture séparée par le blutoir *G*.

*P*, orifice du blutoir *G*, par où s'échappe la partie du grain qui doit être repassée au moulin, et qui finit après plusieurs repasses par être du son pur.

*Q*, couvercle à poignée de la caisse *O*.

*R*, traverse sur laquelle repose le battoir *H*.

*S*, bride qui unit le battoir *H* au blutoir *G* pour lui procurer son mouvement.

*T*, vis de règlement et de pression d'un des cylindres *A* vers l'autre.

Au moyen de la vis de règlement et de pression *T*, servant à rapprocher ou à éloigner l'un de l'autre les cylindres *A*; du poids *D* pour augmenter ou diminuer la pression de la base *B* contre les mêmes cylindres; de la suppression de la base *B*, comme aussi du blutoir *G*; d'un changement de blutoir plus ou moins fin, avec ou sans brosses; comme aussi des cylindres *A* d'une canelure ou d'un piqué plus ou moins nombreux : on obtient à tous les degrés désirés la mouture, le broiement, la pulvérisation et le concassement de toutes les substances qui en sont susceptibles, et qui exigent ces différentes préparations.

Le mouvement du blutoir à brosse s'obtient facilement par une communication avec la roue motrice *L*, et dans ce cas on supprime le battoir *H*.

170. Voici l'extrait d'une notice que M. *Collier* fit lithographier dans le temps, au sujet de ses moulins à bras; s'il ne s'est pas occupé davantage de leur construction, c'est qu'il en a été distrait par l'établissement d'autres machines auxquelles il a supposé plus d'importance.

« On construit les moulins dans toutes les dimensions, depuis la force d'un homme jusqu'à celle d'un cheval.

» Un moulin de la force d'un homme produit 100 livres de farine par journée de travail.

» Un moulin de la force d'un cheval produit 700 livres de farine dans le même espace de temps.

» On fait diverses repasses avec des blutoirs différens, afin d'obtenir plusieurs qualités de farine.

» Ces moulins peuvent s'employer également à broyer l'orge pour les brasseries : elle est assez concassée à la première passe.

» Pour les distilleries, il faut passer le grain deux fois.

» On se sert également de ces meules pour presser l'avoine destinée à la nourriture des chevaux; alors on supprime la base de bois et le lévier.

» Il est prouvé qu'on a un tiers d'économie en nourrissant

les chevaux avec du grain dont la pellicule est entr'ouverte, parce qu'il est plus facile à digérer.

» Le prix d'un moulin de la force d'un homme est de 200 francs. »

171. Dans ces derniers temps on a construit des moulins à cylindres sur le principe du brevet de M. John *Collier*, auxquels on a adapté le système d'alimentation de la *toile sans fin*. Quoique ce système soit depuis long-temps en usage dans un grand nombre de machines employées aux travaux manufacturiers, cette nouvelle application n'en est pas moins pour cela fort ingénieuse; elle réussit parfaitement bien. Les cylindres de ces moulins sont de fer coulé; ils ont de 40 à 41 centimètres de diamètre et de 45 à 50 centimètres de longueur environ; les cannelures en ligne droite dont ils sont sillonnés sont très-fines. L'un de ces cylindres effectue 60 révolutions par minute, tandis que l'autre n'en fait que 20. Comme dans le moulin à bras de M. *Collier*, le moteur agit d'abord sur un des deux cylindres, celui qui opère 60 révolutions; mais ici, vu la différence de vitesse qui doit animer ces cylindres, il faut les garnir de roues d'engrenage inégales et dans le rapport inverse de 60 à 20 ou de 3 à 1. Le mouvement de la toile sans fin se dérive facilement de celui des cylindres à l'aide de roues d'engrenage cylindriques, de courroies ou de cordes, en disposant les rouleaux attracteur et de renvoi de cette toile parallèlement à ces cylindres.

172. Voici, sans en garantir du reste l'exactitude, les résultats exagérés annoncés par M. G. M., breveté sept ans après M. *Collier*, et pour le même objet, dans un prospectus imprimé et signé de ces initiales.

Un moulin dans les dimensions que j'ai indiquées peut être maintenu en activité de travail par un cheval de manége, en moulant une première fois 72 hectolitres de blé en 24 heures.

La mouture, à l'aide de ce moulin, extrait en farine première, seconde, troisième et gruau, de 75 à 85 pour 100 de blé, suivant sa qualité.

En repassant dans ce moulin les sons provenant des moulins ordinaires à meules, on peut encore en extraire 8 pour 100 de farine, à raison de 16 kilogrammes de farine par heure.

En employant ce moulin à cylindres pour le service des brasseries, on peut concasser 8 hectolitres d'orge par heure.

Le prix d'un moulin à cylindres de cette dimension est fixé à 4,000 francs, plus une rente rachetable de 15 à 20 pour 100 sur ce prix, pendant 15 ans.

### Construction des surfaces rampante en hélice.

173. La construction du conducteur de grain, décrite au § 98 de l'ouvrage d'Oliver *Evans*, donne sujet à un problème qui se reproduit dans quelques autres machines; par exemple dans la construction des *vis d'archimède*, dans la détermination de la forme à donner à des lames d'acier pour qu'elles puissent se loger exactement dans les rainures en hélice, que l'on ouvre autour des cylindres de fer des *tondeuses hélicoïdes* ou machines à tondre les draps et autres étoffes, etc. Il y a très-long-temps que j'ai obtenu une solution graphique et une solution analytique de ce problème; mais c'est à cette dernière que j'ai toujours donné la préférence pour calculer le cintre des lames des diverses sortes de cylindres construits pendant six ans dans les ateliers de M. John *Collier*; et toujours les lames fabriquées d'après les résultats du calcul ont été montées sur ces cylindres avec la plus grande facilité, et ont résisté au travail sans casser.

174. Soit $P$ le pas de deux hélices tracées sur deux cylindres, ayant le même axe, et $R$ et $r$ pour rayons de leurs bases; soient représentées par $H$ et par $h$ les longueurs d'un tour entier de ces hélices, que je suppose partir d'un même rayon.

Il est évident que, si entre les deux cylindres considérés on conçoit une portion de surface rampante suivant ces hélices, engendrée par une ligne droite constamment perpendiculaire à leur axe, cette surface, quoique n'étant pas développable, vu

son peu de largeur et la distance à laquelle elle trouve de l'axe, pourra être séparée des cylindres et sensiblement appliquée sur une surface plane, sur laquelle elle prendra la forme d'une zone circulaire; car, cette surface étant partout semblable à elle-même, la courbe qu'elle affectera sur le plan devra nécessairement aussi être partout semblable à elle-même, c'est-à-dire être circulaire.

Cela posé, l'arc de cercle, bord extérieur de la zone, aura pour longueur $H$; et $h$ sera la longueur de l'arc de cercle qui en forme le bord intérieur. Si donc je désigne par $C$ et $c$ les rayons inconnus de ces arcs de cercle, j'aurai la proportion $C:c=H:h$; et par suite en appelant $l$ la largeur de la surface rampante ou la différence des rayons de la zone, il vient

$$C=\frac{lH}{H-h}\qquad c=\frac{lh}{H-h}.$$

175. Tout se réduit donc, pour pouvoir faire usage de ces formules, à déduire les valeurs de $H$, $h$ et $l$, de celles données dans chaque cas particulier à $P$, $R$ et $r$. Or on a, d'après la notation, $R-r=l$, relation qui fait connaître $l$ par $R$ et $r$, ou encore l'un de ces rayons par l'autre, et par la largeur de la surface rampante.

Il est clair d'ailleurs que, si je désigne par $\Omega$ et $\omega$ les complémens des angles aigus que les hélices $H$ et $h$ forment avec les génératrices des cylindres, sur lesquels elles sont situées, j'aurai d'abord le rayon des lignes trigonométriques étant l'unité,

$$\text{tang. }\Omega=\frac{P}{2\pi R}\quad\text{et tang. }\omega=\frac{P}{2\pi r}$$

176. Les angles $\Omega$ et $\omega$, calculés d'après ces formules, donnent le moyen de parvenir aux longueurs de $H$ et $h$; car on a

$$H=\frac{P}{\sin\Omega}\quad\text{et}\quad h=\frac{P}{\sin\omega}$$

formules également simples, et dans lesquelles le rayon des lignes trigonométriques est aussi l'unité.

Le calcul de $C$ et $c$ étant fait, on en vérifiera l'exactitude par la formule $C-c=l$, qui devra être satisfaite.

177. Ces diverses formules se prêtent parfaitement au calcul logarithmique, et peuvent servir à résoudre les problèmes inverses de celui que je viens de traiter; tel celui-ci: *une lame de tondeuse étant donnée, déterminer à quels cylindres elle peut convenir.*

Pour résoudre ce problème, il faut se donner soit le pas que l'on veut faire parcourir à la lame, soit le rayon du cylindre sur lequel la lame doit ramper; de sorte que le problème est susceptible d'une infinité de solutions.

178. Elles servent aussi à résoudre cet autre problème: *déterminer le cintre des lames qui, sur un cylindre donné, opèrent le tondage sous un angle voulu.*

179. Ce dernier énoncé, approprié au conducteur de grain, serait *déterminer le cintre de la bande de tôle qui doit former la surface rampante d'un conducteur de grain, de telle sorte que ce grain soit poussé sous une inclinaison donnée.* Et l'on conçoit que, parmi toutes les inclinaisons que l'on peut donner à la surface rampante, il en est nécessairement une que la pratique démontre être la plus avantageuse, et qu'il faut ainsi préférer.

En supposant que l'on veuille construire un conducteur de grain, dont l'hélice ait 3 *inches* de large et 21 *inches* de pas, sur l'arbre cylindrique de 9 *inches* de diamètre, il faut poser $P=21$; $2r=9$ et $l=3$; et en opérant le calcul des formules proposées, on trouve, à l'aide des logarithmes, $C=9,4544$ et $c=6,4543$. Ainsi le diamètre du cercle intérieur de la zone de tôle développée sur un plan, ou $2c$, est de 12, 91 *inches.* Oliver *Evans* dit, § 98, que, ce diamètre étant de 12 *inches*, on obtient une surface rampante de 21 *inches* de pas; il est probable que ses mesures, pour cet objet, ne sont qu'approximatives.

Du reste, en effectuant les calculs, on trouve

$$\Omega = 26,6881\ 9 \text{ grades et } \omega = 40,6690\ 3 \text{ grades},$$

et enfin $H = 51, 5913$ *inches*, et $h = 35, 2199$ *inches*.

Des valeurs de $\Omega$ et $\omega$, il résulte que le blé est poussé par une surface rampante dont le bord extérieur fait avec l'axe du conducteur un angle de 26 grades 2/3 environ, angle qui augmente progressivement pour les hélices imaginées de plus en plus près du noyau de ce conducteur; de telle sorte que l'hélice qui y forme le pied de la surface rampante fait avec l'axe un angle de 40 grades 2/3 à peu près.

La valeur trouvée pour $H$ indique que, pour construire chaque longueur de conducteur égale à 21 *inches*, il faut une longueur de zone dont le bord extérieur ait 51, 59 *inches* de développement.

## Description des Moulins de St-Denis, appartenant à M. Benoist.

180. Il existe à St-Denis, près Paris, plusieurs établissemens de meunerie, parmi lesquels celui de *M. Benoist* tient le premier rang et offre cela de particulier que la mouture *française* dite *économique* y étant combinée avec la mouture à la *grosse* faite avec de petites meules et dite pour cela *américaine*, et à tort *anglaise*, cette réunion de moyens de travail donne à M. *Benoist* la facilité d'obtenir tous les produits que recherche le commerce de la capitale. Cet industriel éclairé a bien voulu laisser prendre à M. *Leblanc* toutes les mesures nécessaires pour dresser les planches indispensables à la clarté du texte, et m'a permis de recueillir tous les documens dont je pouvais avoir besoin pour décrire tant le mécanisme de ses moulins et celui des machines dont ils sont munis, que pour faire connaître la manière dont le travail y est opéré.

A ce sujet, je dois des remercîmens particuliers à M. *Paradis*, à qui la direction générale des divers travaux de l'établissement est confiée, pour l'empressement avec lequel il a eu la bonté de me communiquer divers renseignemens sans lesquels j'aurais eu beaucoup de peine à rédiger cette description d'une manière utile. M. *Paradis* ayant toujours dirigé, depuis 1816, de grands établissemens de meunerie, a acquis dans son art une grande

habileté, et c'est sur une longue expérience que sont basées les opinions particulières qu'il s'est formées relativement au rhabillage et à l'emploi des meules dont je parlerai plus bas.

181. Le bâtiment particulier des moulins a environ 33 mètres de longueur sur 12 mètres de large, et quatre étages au-dessus du rez-de-chaussée. Dix paires de meules formant trois systèmes ou moulins différens y opèrent le moulage du blé. Les deux moulins situés à gauche ont chacun pour moteur une roue hydraulique renfermée dans le bâtiment, et se composent chacun de deux paires de meules de $1^m,787$ de diamètre, moulant le grain suivant la méthode *française* ou *économique*. Le troisième système ou moulin, situé à droite en entrant, est mû par une machine à vapeur à expansion à trois cylindres conjugués, de la force de 20 chevaux, et placée dans sa maison particulière, derrière le bâtiment : ce moulin est composé de six paires de meules dont le diamètre est moyennement de $1^m,299$, et qui opèrent à la mouture la grosse dite *américaine*.

Les divers mécanismes de ces trois moulins, ainsi que les roues hydrauliques et la machine à vapeur qui les mettent en mouvement, ont été construits par M. *Aitkins* et l'infortuné *Steel;* tout y marche avec accord et c'est une chose vraiment satisfaisante de voir le concours régulier de tant d'agens, pour la fabrication de produits alimentaires si utiles à l'existence de l'homme.

*Moulins français ou économiques.*

182. La roue hydraulique qui fait mouvoir le moulin, situé à l'extrémité gauche du bâtiment, est établie sur un des bras de la petite rivière qui baigne St-Denis et y sert tant d'industries diverses. Cette roue a $3^m,518$ de diamètre extérieur, et $1^m,299$ de largeur; elle est garnie de 30 aubes planes, dirigées vers l'axe de la roue et occupant une zone de $0^m,325$ d'épaisseur; de sorte que le diamètre extérieur du tambour en planches, sur lequel les aubes aboutissent à $2^m,870$ de diamètre. La chute totale a $1^m,589$ de hauteur, et l'épaisseur moyenne

de la lame d'eau, qui varie très-sensiblement avec les saisons, est de $0^m,225$, sur la vanne mobile en déversoir qui prend le cintre de la roue et forme le haut du coursier circulaire dans lequel cette roue tourne sur son axe horizontal situé à $1^m,949$ au-dessus du niveau de l'eau d'aval; la vitesse due à la seule épaisseur de la lame d'eau motrice est ainsi de $2^m,101$. En aval de l'aplomb de l'axe de la roue, le coursier est racheté par un petit glacis de $1^m,029$ de longueur, terminé par un ressaut; le rachat du coursier cylindrique est ainsi situé à $0^m,189$ au-dessus du niveau des eaux inférieures. La roue effectue enfin de 4 à 5 tours par minute, et est comme on voit, de l'espèce que l'on nomme *roues de côté surbaissées*.

En supposant à la roue la vitesse de rotation moyenne de 4,5 tours par minute, comme les meules font moyennement 69 révolutions dans le même temps, on voit que le rapport des vitesses de rotation de la meule et de la roue est 69 divisé par 4,5, ou 15,3. On voit de même que la vitesse des points situés à la circonférence de la roue est de $0^m,835$; ainsi cette vitesse paraît être à celle des filets inférieurs de l'eau motrice affluente comme 1 est à 2,52.

183. Si l'on applique la formule donnée n° 102 au calcul de la dépense du cours d'eau, on trouve qu'il ne doit fournir que 233,343 litres ou kilogrammes d'eau par seconde, lesquels étant multipliés par la hauteur $1^m,589$ de la chute donnent 370,782 métrolitres pour la valeur de la quantité d'action mécanique dépensée par seconde. En divisant cette quantité d'action par 80, on obtiendrait 4,635, nombre qui semble signifier que telle est en chevaux de vapeur la force du cours d'eau considéré.

Les meules de ce moulin ont $1^m,787$ de diamètre. Si leur poids était réglé conformément à la formule du n° 50, la quantité d'action mécanique épuisée par la seule meule que le cours d'eau est capable de faire mouvoir serait de 388 métrolitres par seconde, ou, ce qui est la même chose, il faudrait 4,85 chevaux de vapeur pour la maintenir en activité de travail.

En comparant ce nombre avec le précédent, on voit qu'il est un peu plus grand, ce qui paraît faire trouver en défaut la formule du n° 102 ; mais il ne faut pas oublier ici que cette formule n'est applicable qu'aux déversoirs pratiqués dans les parois de réservoirs dont l'eau est supposée sans vitesse initiale; tandis que le cours d'eau utilisé à St-Denis coule sur la vanne avec une vitesse acquise qui augmente d'autant la vitesse d'écoulement; de plus on a mesuré la lame d'eau à son passage sur la vanne en déversoir, et il est évident que l'eau ayant déjà commencé à chuter, son épaisseur y est moindre que la hauteur de son niveau d'amont sur cette vanne. Une autre cause d'augmentation de cette dépense tient enfin à ce que la largeur du cours d'eau est la même que celle de la vanne, ce qui d'après les expériences de *Duduat* (1) annule les effets de la contraction latérale. La formule du n° 102 n'est donc pas celle qui convient au calcul de la force du cours d'eau dont je m'occupe ; pour en estimer la valeur il faudrait partir d'autres données que je n'ai pu recueillir.

184. Le moulin situé au milieu du bâtiment est mû par une roue de côté, non à aubes comme la précédente, mais à augets, car le second bras de rivière qui la met en mouvement est moins fort que celui dont il vient d'être question. La roue a $4^m,186$ de diamètre, et est embrassée par un coursier cylindrique en bois, à vanne en déversoir; sa largeur est de $1^m,489$; elle porte 48 augets qui ont $0^m,176$ d'entrée, $0^m,237$ de profondeur, et $0^m,975$ au fond; elle est montée sur un arbre en fonte à six pans, au moyen de six rais en bois de $0^m,333$ de large sur $0^m,083$ d'épaisseur, assemblés chacun par quatre boulons dans un nœud ou moyeu à nervures en fer coulé, fixé sur l'arbre avec des clavettes.

Les joues de cette roue ont $0^m,45$ de largeur vers l'axe, et débordent ainsi en dedans la zone occupée par les augets;

(1) Voyez le n° 414 de ses *Principes d'hydrodynamique*.

la chute est de $2^m,152$; le niveau de la surface de l'eau d'amont passe ainsi à $0^m,041$ au-dessus de l'axe de la roue. La lame d'eau motrice, coulant sur une vanne en déversoir, y a moyennement $0^m,128$ d'épaisseur; d'où il semble résulter que la quantité d'action mécanique dépensée par le courant est de 246,81 métrolitres par seconde, force totale qui ne représente que celle de 3,085 chevaux de vapeur; mais ici se reproduisent des observations semblables à celles qui terminent le n° 183.

La roue effectue de 4 à 5 révolutions par minute, de sorte que la vitesse, à la circonférence, est de $0^m,875$ à $1^m,095$ par seconde; la vitesse due à la seule épaisseur de la lame d'eau motrice est $1^m,585$, et est ainsi, avec les précédentes, dans le rapport de 1,81 et de 1,445 est à 1.

185. Le chanteau du grand rouet, ou roue d'engrenage d'angle menante en fer coulé, est formé de quatre parties réunies entre elles et avec le croisillon des 8 rais coulé à part, à l'aide de boulons. Ce grand rouet de $2^m,50$ de diamètre extérieur, garni de 104 dents de bois et monté sur l'arbre de la roue hydraulique, commande un pignon d'angle en fer coulé à dents de ce métal, au nombre de 25, situé au bas d'un arbre vertical; le diamètre extérieur du bout le plus saillant de la tête des dents est de $0^m,675$. Le même arbre vertical porte au-dessus de ce pignon une roue cylindrique à 6 rais, coulée d'une seule pièce et garnie de 96 dents de bois. Cette roue, de $1^m,90$ de diamètre mène enfin les pignons cylindriques en fer coulé de $0^m,575$, fixés sur les gros fers des deux meules courantes, et dont les dents aussi de fer coulé sont au nombre de 26.

Il résulte des nombres de dents des engrenages du mécanisme de ce moulin, semblable à celui du précédent, que l'arbre vertical fait 4,16 tours pour 1 de la roue hydraulique, et que les fers des meules en effectuent 3,68 pour 1 dudit arbre vertical; ainsi ces meules font de 61,4 à 76,8 révolutions par minute.

Pour opérer la mouture française ou économique, les meules doivent être peu rapprochées l'une de l'autre, et les surfaces moulantes doivent être rhabillées d'une manière uni-

forme, sans sillons. La farine entière se rend au sortir des meules dans un *bluteau* suivi d'un *dodinage*, destinés à séparer la *farine de blé* et les *gruaux mous*, et mus comme à l'ordinaire par un *babillard*.

*Moulin à vapeur pour la mouture à la grosse dite américaine.*

186. La machine à vapeur qui met en mouvement les six paires de meules du moulin situé dans le côté de droite du bâtiment est installée dans sa maison particulière adossée par derrière à ce dernier. Cette machine à expansion, travaillant sous la pression de 3,5 atmosphères, est donnée pour avoir la force de 20 chevaux, et a, comme je l'ai dit, 3 cylindres, savoir : deux de $0^m,297$ de diamètre intérieur, recevant alternativement la vapeur arrivant des chaudières, pour la livrer au gros cylindre de $0^m,50$ de diamètre, l'un toujours par le haut de ce cylindre, et l'autre toujours par le bas. Les deux petits cylindres sont placés tout contre le gros et dans la même chemise; et le plan vertical passant par leurs deux axes est perpendiculaire à la longueur du bâtiment principal, et au plan vertical déterminé par le balancier, que supportent sur leur entablement deux belles colonnes en fer coulé. De cette manière, la course des pistons des petits cylindres diffère peu de celle du grand piston, qui est de $1^m,417$, et ils donnent tous le même nombre de coups par minute, savoir : de 23 à 24, c'est-à-dire autant de descentes et autant de montées.

La machine est alimentée de vapeur par deux chaudières en fer coulé en deux parties, et garnies chacune de deux bouilleurs en tôle. Elle consomme, par jour de 24 heures de travail, une voie et demie de houille du poids moyen de 1100 kilogr., ce qui revient ainsi à 3,437 kilog. par heure et par cheval.

L'axe de la manivelle de la bielle est distant de $0^m,704$ de celui de l'arbre du volant sur lequel elle est montée.

Les pistons sont métalliques : ils sont formés par des segmens circulaires que des ressorts à boudin intérieurs poussent vers le

dehors, et dont les joints se recouvrent. Dans le principe, ces segmens étaient faits en cuivre ; mais M. *Benoist* a trouvé convenable de les faire remplacer par d'autres en acier, qui ont été forgés et ajustés par un serrurier de St-Denis : les segmens des petits cylindres ont été trempés, mais point ceux du gros cylindre, dans lequel a lieu l'expansion de la vapeur.

L'eau de la rivière, donnant beaucoup de dépôt dans les chaudières, et ayant dans l'été une température trop élevée pour servir efficacement à la condensation de la vapeur, M. *Benoist* a fait établir un puits artésien en dehors de la maison de la machine. L'eau, au sortir du tube évasé qui le couronne, se déverse dans un bassin sous la forme d'une belle cloche cristalline de l'aspect le plus agréable; et soumis à l'influence du battement affaibli des moulins, et du bruit sourd et cadensé de la condensation, on ne peut se défendre d'une délicieuse rêverie, que fait naître la douceur du murmure de cette eau vive dont le génie de l'homme est allé briser la captivité jusque dans les entrailles de la terre.

187. Je vais passer maintenant à la description du système des 6 paires de meules que la machine à vapeur met en mouvement. La coupe générale de ce moulin est exprimée par la *fig.* 144; la *fig.* 145 montre la moitié du plan général des transmissions de mouvement et du beffroi, du côté du moteur; la fig. 146 représente enfin le plancher des meules, où celles-ci sont vues dans divers états. Dans ces figures les mêmes lettres indiquent soit les mêmes objets, soit les objets semblables qui se répètent pour chaque paire de meules.

Le mouvement arrive par l'arbre moteur *A*, portant le volant de la machine à vapeur, et qui effectue de 24 à 25 révolutions par minute. Cet arbre est garni d'une roue cylindrique *C*, de 59 dents de fer coulé comme elle, et qui engrène avec la roue cylindrique *C'*, aussi en fonte, mais garnie de 76 dents de bois, laquelle est fixée sur un arbre de couche *D* en fer coulé, à 6 pans, tournant dans les coussinets de cuivre des deux pa-

liers en fer coulé $B'$, $B''$, semblables au palier $B$ qui soutient le bout de l'arbre moteur. Cet arbre de communication $D$, qui fait de 17,1 à 18,6 révolutions par minute, est garni d'une roue d'engrenage d'angle $E$ en fer coulé, mais à dents de bois, au nombre de 96. Cette roue d'angle engrène avec le pignon $E'$, tout en fer coulé, armé de 64 dents, et lié invariablement avec la grande roue cylindrique en fer coulé $F$, portant 136 dents ou alluchons de bois dur, et arrêtée sur l'arbre vertical $G$ en fer coulé, à six pans, qui s'élève au milieu du beffroi.

Le beffroi est formé par 6 colonnes creuses, de fer coulé $M$,$M$,$M$, s'élevant sur une armature de ce métal, posée sur un soubassement $S$ en pierre, très-solide, et couronnées par un entablement $N$, aussi de fer coulé. La colonne voisine du moteur, plus courte que les autres, pose seule sur un patin de même métal percé d'une ouverture pour laisser passer l'arbre de communication $D$. Ces colonnes, qui occupent les sommets d'un hexagone régulier, à l'axe duquel correspond l'arbre vertical $G$, sont coulées avec des oreilles, pour recevoir, à une hauteur convenable, les paliers $P$,$P$,$P$, qui de cette manière s'étendent horizontalement d'une colonne à l'autre, en dessinant les côtés de l'hexagone, et sur le milieu desquels reposent les pivots des gros fers $I$,$I$, des meules, dans des crapaudines que l'on peut faire mouvoir dans tous les sens, à l'aide de vis de pression.

D'après ce qui précède, l'arbre $G$ qui pivote dans la crapaudine $H$ et qui est retenu par un collier ou palier renversé $H'$ lié au haut du beffroi, fait donc de 25,6 à 27,9 révolutions par minute; et comme la roue ou hérisson $F$ commande les pignons en fer coulé $F'$,$F'$, de 34 dents, fixés sur les gros fers $I$,$I$,$I$, des meules courantes, renfermées dans leurs archures $K$,$K$,$K$, il en résulte que ces meules effectuent, par minute, de 102 à 112 révolutions.

189. Ces meules n'ont que 1,299 de diamètre, en supposant leur mouvement de rotation moyen de 107 tours à la minute, la vitesse de leur circonférence serait de $7^{m}$,277 par seconde,

vitesse qui, étant ramenée aux deux tiers du rayon, deviendrait $4^m,851$ seulement. Chaque meule, formée de plusieurs blocs de pierre de choix, liés avec du plâtre et garantis contre l'effet de la force centrifuge par de bons cercles en fer forgé qui les entourent, épuiserait ainsi plus de 227 métrolitres par seconde, ce qui revient, pour les six, à la force de plus de 17 chevaux.

Pour sceller des morceaux de pierre meulière dans les cavités ou trous qui peuvent exister dans les meules, M. *Paradis* se sert d'un mastic composé de 80 parties d'alun, 80 parties de pierre meulière, 1 partie de colle de Flandre, et quantité suffisante d'eau. La colle est dissoute à chaud dans l'eau, et sa dissolution sert à gacher l'alun et la pierre meulière, que l'on a préalablement réduits en poudre.

Les meules gisantes $m',m'$, sont contenues et assujetties avec des vis de pression dans des espèces de cuvettes $c,c$, en fer coulé, fig. 147, 153 et 154, évidées, placées elles-mêmes sur des châssis ou enchevêtrures triangulaires $e,e,e$, garnis de trois vis verticales $v,v,v$, pour disposer bien de niveau la surface de ces meules, et de trois oreilles ayant chacune une vis horizontale $h$ servant à centrer parfaitement les meules, à l'aplomb de la crapaudine du pivot du gros fer $I$.

Des mécanismes particuliers, dont on voit une partie en $V,V$, servent à écarter ou à rapprocher plus ou moins les meules courantes des meules gisantes, suivant que cela peut être utile à la bonté du moulage.

189. Les surfaces des meules sont généralement divisées en onze compartimens, rayonnés de quatre sillons chaque. Les sillons principaux ont $0^m,054$ d'excentricité, et s'arrêtent à $0^m,122$ du centre. Le bord antérieur des sillons est formé par un plan perpendiculaire à la surface des meules, et le fond du sillon par un plan incliné venant sortir à l'arrière-bord. Les sillons ont $0^m,027$ de largeur et $0^m,0027$ de profondeur, et sont séparés par des intervalles plans de $0^m,054$, sur lesquels on pratique des tailles très-fines et régulières, parallèles aux sillons, et à la distance de 1 millimètre environ l'une de l'autre.

L'œillard de la meule gisante est hexagonal et reçoit le boitard en fer coulé, de même forme à l'extérieur, et dans lequel la fusée cylindrique du fer tourne.

Le blé, déposé dans une trémie supérieure, se rend dans les tremies $L$ des meules, en descendant par de longs boyaux en toile, d'où il coule par suite du trémoussement que le frayon, dont on voit le bout en $f'$, fait éprouver par ses chocs réitérés à l'auget $a$. L'alimentation est réglée à l'aide d'une petite corde qui supporte le devant de l'auget, et passant sur le rouleau $r$ placé sur les trémions $t,t$, de la trémie $L$ : ce rouleau est entouré de plusieurs gorges qui, en recevant la petite corde ou *baille-blé*, donnent le moyen de varier encore, au besoin, l'écart que le frayon fait éprouver à l'auget.

La farine entière tombe dans des huches qui ne sont pas exprimées dans les figures, et d'où on la retire pour la laisser rafraîchir pendant 10 ou 12 jours, avant de la faire passer dans un *bluttoir à brosses*, tel que celui représenté par les figures 210 à 218, formé d'un cylindre en toile métallique, de plusieurs grosseurs différentes, muni de brosses intérieures, dont le mouvement rapide de rotation chasse la farine de blé et les gruaux à travers les toiles, et par le pied duquel tombe le son gras.

### *Machines accessoires.*

190. Les machines employées dans l'établissement de M. *Benoist*, pour achever la fabrication des farines provenant tant de la mouture française ou économique, que de la mouture à la grosse dite américaine, sont :

1° Six *tarares*, formant deux systèmes, dont l'un pour nétoyer les blés de Crépy destinés à la mouture française pour belle farine de gruau, et l'autre nétoyant les blés du pays pour moudre à l'américaine. Les premiers blés doivent être très-propres; aussi s'en nétoie-t-il une bien moins grande quantité dans un temps donné que des derniers. Les tarares de chaque système sont situés les uns au-dessous des autres, dans les 1[er],

2e et 3e étages du moulin. Les tarares supérieurs n'ont qu'un frappeur, le frappeur supérieur est remplacé par un crible à secousses ou *émoteux;* les tarares moyens et ceux du bas sont munis de deux frappeurs, et sont décrits dans les figures 202 à 209;

2° Quatre *bluteaux* et *dodinages*, placés dans quatre coffres, dont un pour chaque paire de meules économiques; ces machines sont semblables à celles de tous les moulins de ce genre, et opèrent les mêmes séparations de parties de la farine entière;

3° Deux *blutoirs à brosses*, pareils à celui représenté par les figures 210 à 218, destinés à faire le départ de la farine entière américaine en *farine de blé*, *gruaux*, et *son gras*;

4° Un *blutoir à brosses et à cylindre mobiles*, dans lequel on passe le son gras de la mouture économique pour en séparer une espèce de farine avant de le livrer au divise-son.

5° Un *bluteau lâche*, destiné à extraire des gruaux provenant de la mouture américaine, une espèce de farine adhérente;

6° Un *divise-gruaux* divisant les gruaux de la mouture économique en dix espèces différentes, et donnant du son pour issues.

7° Un *blutoir de soie*, dans lequel on passe les gruaux de la mouture économique, pour en séparer une espèce de farine adhérente;

8° Une *bluterie de soie* dans laquelle passent les gruaux de la mouture américaine, pour être divisés en deux qualités.

9° Un *divise-sons*, qui fait le départ des sons fournis par les deux espèces de mouture; les recoupettes mêlées de gruau bis passent à la tête du cylindre et les divers sons passent ensuite vers la queue.

10° Un *sas mécanique* servant à extraire les gruaux bis mêlés encore aux recoupettes sortant du divise-sons.

*Distribution générale de l'établissement.*

191. Voici la manière dont ces machines, et en général toutes les parties de l'établissement de M. *Benoist*, sont distribuées, à partir de l'étage supérieur jusqu'au rez-de-chaussée.

*Quatrième étage.* Dans cet étage, situé sous le comble, sont placés :

Un *tire-sac* mu par la machine à vapeur.

Les deux trémies des tarares.

La trémie du divise-gruaux, où l'on verse les gruaux et sons gras de la mouture économique.

La trémie du sas mécanique, dans laquelle on verse les recoupettes et autres résidus provenant de la mouture américaine.

La trémie de la chambre à farine ou *boulange*.

192. *Troisième étage.* Cet étage renferme.

Deux *tarares à émoteux* et à un seul frappeur, mis en mouvement par la machine à vapeur. Les ventilateurs de ces machines font de 165 à 190 révolutions par minute, et les frappeurs, de 270 à 310 tours dans le même temps.

Un *tire-sac* mu par la roue hydraulique à pots.

Un *blutoir de soie* pour séparer la farine adhérente aux gruaux de la mouture économique avant de les *sasser*. Il est mû par la machine à vapeur, et est situé dans la chambre de sassement.

La chambre de *sassement* des huit espèces de gruaux provenant de la mouture économique, où des ouvriers les *tirent à blanc* avec des *sas à la main* de diverses grosseurs.

La trémie du blutau lâche, dans laquelle on verse les gruaux de la mouture américaine et la farine séparée des gruaux économiques par le blutoir de soie.

Les corps des trémies du divise-gruaux et du sas mécanique.

Magasin de blé et chambre à farine ou *boulange*.

193. *Second étage.* Dans cet étage sont situés :

Deux *tarares* à double frappeur.

Deux *blutoirs à brosses* à cylindre fixe, mis en mouvement par la machine à vapeur ; ces blutoirs divisent la farine entière provenant de la mouture américaine, en farine de blé ou *boulange*, en *gruaux* et en *sons gras* qui tombent à l'étage inférieur. Les cylindres de ces blutoirs ont 1$^{m}$,178 de long et 0$^{m}$,460 de diamètre ; ils sont garnis de cinq toiles métalliques dont les quatre de la tête laissent passer 64 pour cent de farine de blé, et celle de la queue 11 pour cent de gruaux ; dans cet ordre, les toiles à farine ont 96, 104, 104 et 111 fils au centimètre, et la toile des gruaux 59. Quoiqu'il passe ainsi des farines de plusieurs grosseurs, elles sont néanmoins réunies ensemble pour former la *boulange* ou farine avec laquelle les boulangers de la capitale font le pain de deux kilogrammes. Les brosses de ces blutoirs effectuent de 265 à 295 révolutions par minute.

Un *bluteau lâche* mû par la machine à vapeur, dans lequel passent les gruaux provenant des blutoirs à brosse, pour séparer la farine qui leur est encore adhérente, et que l'on mêle avec la deuxième farine. Le bluteau lâche a 1$^{m}$,841 de long et 0$^{m}$,541 de diamètre ; il fait de 170 à 190 tours par minute ; l'étamine dont il est formé est tissée sans couture, on en emploie depuis le n° 11 jusqu'au n° 18 ; les étamines de ces deux numéros ont respectivement 49 fils et 80 fils au centimètre. Des 11 pour 100 de gruaux obtenus par le moyen des blutoirs à brosses, le bluteau lâche en sépare 4 pour 100 de farine de deuxième qualité ; les 7 pour 100 restant vont dans une bluterie de soie située à l'étage inférieur.

Un *blutoir à brosse à cylindre mobile*. Cette machine, dont le cylindre tourne en sens contraire des brosses, est mue par la roue hydraulique à aubes de côté, et reçoit les gruaux et sons gras de la mouture économique, pour en retirer la farine adhérente que l'on mêle et blute avec la farine entière de la mouture américaine ; les issues tombent à l'étage inférieur.

Un *sas mécanique* secoué par le moyen de la roue à aubes de côté, et destiné à extraire des *recoupettes* de la mouture américaine ou sons de la tête du divise-sons, un peu de

gruau bis, qu'une seconde mouture transforme en farine de troisième et quatrième qualité et en *remoulage*. Ce sas éprouve 350 saccades environ par minute.

Les toiles de laiton des divers rechanges employés sont désignées dans le commerce par les numéros 45, 40, 32, 24, 20, 18; et ont par conséquent 67, 59, 47, 36, 30, 27 fils environ au centimètre.

194. *Premier étage*. Le dessus des beffrois des moulins se raccorde avec le plancher de cet étage qui renferme :

Quatre paires de meules opérant la mouture française dite économique.

Six paires de meules destinées à effectuer la mouture américaine.

Un *divise-gruaux* ou grand blutoir en toile de Quintin, divisant les gruaux de la mouture économique en dix espèces, et donnant pour issues un son gras que l'on remoud pour en retirer de la farine bise. Le cylindre de cette machine a 5m, de longueur environ et 0m,760 de diamètre.

Le tissu de la bande de tête du cylindre est en soie et a de 96 à 104 fils au centimètre, les bandes suivantes de toiles ont de la tête vers la queue 65, 56, 47, 41, 35, 30, 24, 18, 13 et 15 fils au centimètre.

Un *divise-sons* recevant les issues des blutoirs à brosses, pour les diviser en cinq qualités de son et laisser sortir le gros son. Les brosses intérieures tournent en sens contraire du cylindre et avec la même vitesse de 55 à 60 tours par minute. Ce cylindre, dont la pente est de 1 pour 18, a 2m,60 de longueur et 0m,486 de diamètre, et est garni de cinq bandes de toile ayant de la tête à la queue 30, 30, 24, 15 et 18 fils au centimètre.

Une *bluterie de soie* divisant les 7 pour 100 de gruaux provenant de la mouture américaine et qu'il reçoit du bluteau lâche, en deux qualités, pour être remoulues.

Le nombre de fils au centimètre que renferment les toiles de

soie sont 67 et 74. Il sort de cette bluterie 5 pour cent de gruau propre à faire de la farine blanche première qualité et 2 pour cent de gruau rouge qui ne peut donner que de la farine de troisième qualité par une seconde mouture.

Deux *tarares* terminant l'opération du nétoyage du blé qui est reçu très-propre au rez-de-chaussée.

Les deux systèmes de trois tarares font le service du moulin; en travaillant depuis six heures du matin jusqu'à sept heures du soir, ils nétoient 240 hectolitres de blé. S'ils étaient employés exclusivement à préparer le blé pour la mouture américaine, ils pourraient en nétoyer 300 hectolitres dans le même temps.

195. *Rez-de-chaussée.* Ici sont placés les objets suivans :

Deux roues hydrauliques ;

Deux mécanismes et beffrois de deux moulins effectuant la mouture économique, mus par lesdites roues.

Quatre *bluteaux* et leurs *dodinages*, pour le service des quatre meules qui appartiennent à ces moulins ;

Le mécanisme et beffroi du moulin à vapeur, effectuant la mouture américaine ;

Deux huches en fer à cheval, recevant la farine entière tombant desdites meules.

### 1er COMPTE DE MOUTURE.

196. *Produit de* 100 *parties de blé moulu* à la grosse *ou suivant la méthode dite* américaine.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Farine de blé............. | 1re qualité.. | 64 | Farine 75 |
| Farine tirée des gruaux..... | 1re qualité.. | 3 | |
| Farine sortant du bluteau lâche et des gruaux moulus. | 2e qualité... | 6 | |
| Farine de............. | 3e et 4e qualité... | 2 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | *Report* | | 75 |
| Gros son à 20 kil. l'hectolitre | 6 | Issues | 23 |
| Petit son à 24 kil. l'hectolitre | 7 | | |
| Recoupettes de 28 à 30 kil. l'hect | 6 | | |
| Remoulage de 45 à 50 kil. l'hect | 4 | | |
| Déchet | | | 2 |
| Total général | | | = 100 |

197. On sent bien que le produit de la mouture doit varier avec la qualité du blé; mais l'expérience prouve que l'état de l'atmosphère influe aussi beaucoup sur l'opération du moulage. Lorsque l'air est humide et charie des brouillards, les moulins produisent moins que lorsque la température de l'atmosphère est élevée, et que l'air est sec. Sans doute dans ce dernier cas l'humidité, qui est rendue sensible par le moulage du blé, est plus promptement enlevée par l'air, et la substance du grain en devient plus friable, c'est-à-dire plus facile à réduire en farine, de sorte que le son peut être bien mieux évidé.

M. *Paradis* m'assure avoir retiré, de 100 parties de bon blé, 78 parties de farine et 20 parties en issues, lorsque l'état de l'atmosphère était favorable.

### 2e *COMPTE DE MOUTURE.*

198. *Produit de 100 parties de blé moulu à la* française *ou suivant la méthode* économique.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Farine de blé ou de 1re mouture | 1re qualité | 36 | 76 |
| Farine de gruau | 1re qualité | 18 | |
| Farine de second gruau blanc | 1re qualité | 10 | |
| Farine de | 2e qualité | 6 | |
| Farine de | 3e qualité | 3,500 | |
| Farine de | 4e qualité | 2,500 | |

| | | |
|---|---|---|
| *Report*........ | | 76 |
| Gros son de 17 à 18 kil., l'hectolitre.... | 5, | 22 |
| Petit son de 20 à 23 kil., l'hectolitre.... | 6, | |
| Recoupettes 23 à 30 kil., l'hectol...... | 6, | |
| Remoulage de 42 à 45 kil., l'hectol...... | 5, | |
| Déchet de mouture.......... | | 2 |
| Total général......... | | 100 |

Le produit en farine qui a été porté à 76, varie entre 74 et 77, et les issues estimées à 22 varient entre 22 et 24.

3e COMPTE DE MOUTURE.

199. *Produit d'une bonne* mouture à gruau *pour semoule, pour vermicelle et belle farine, relatif à* 100 *parties de blé traitées par la méthode économique.*

| | |
|---|---|
| Farine de la première mouture du blé.......... | 28, |
| Gruaux dits *belle semoule*..................... | 27, |
| Gruaux dits *semoule commune*................ | 9, |
| Gruaux bis.............................. | 8, |
| Recoupettes dures à 40 kil. l'hectol........... | 2, |
| Recoupettes fines à 30 kil. l'hectol........... | 2,500 |
| Petits sons à 22 kil. l'hectol................. | 8, |
| Gros sons à 20 kil. l'hectol.................. | 10, |
| Farine 2e qualité retirée des issues............ | 3,500 |
| Déchet de sassage et de blutage............... | 1,500 |
| Déchet de moulage........................ | 0,500 |
| Total général.......... | 100 |

200. Les 27 parties de gruaux dits *belle semoule* étant remoulues à part, produisent

| | | |
|---|---|---|
| Farine dite de gruau superfine............ | 17 | 27 |
| Parties restantes à remoudre, et déchet.... | 10 | |

De même les 9 parties de gruaux dits *semoule commune* étant remoulues à part, donnent

| | | |
|---|---|---|
| Farine dite deuxième beau gruau superfin.... | 5,500 | 9 |
| Parties restantes, à remoudre, et déchet... | 3,500 | |

En reprenant les parties restantes de ces deux moutures, qui avec les déchets font une somme de 13,500, on obtient les remoulant une troisième fois les *farines de semoule communes*, savoir :

| | | |
|---|---|---|
| Farine de beau gruau 2e qualité........ | 6,000 | 13,500 |
| Farine de gruau 3e qualité............ | 3,000 | |
| Farine blanche 2e qualité............. | 1,500 | |
| Farine 3e et 4e qualité............... | 1,500 | |
| Remoulage............................. | 0,750 | |
| Déchet de mouture..................... | 0,750 | |

201. La belle semoule, mêlée à sa propre farine, sert à faire les *pâtes d'Italie* et le *vermicelle* de première qualité.

Les vermicelliers emploient ordinairement la semoule commune et sa farine pour fabriquer le vermicelle du commerce, dans lequel il entre

45 parties de farine de semoule;
20 parties de gruau dit semoule, en nature;
10 parties de fécule de pomme de terre.

Total 75 se réduisant à 70 parties de vermicelle fabriqué.

Le gruau bis est vendu aux amidonniers.

Les recoupettes dure et fine sont données aux bestiaux par les nourrisseurs.

La farine de semoule commune, 3e qualité, est employée par les pâtissiers.

*Quantité de travail et service de l'établissement.*

202. Pendant six mois de l'année au moins, les cours d'eau du moulin de M. *Benoist* ne peuvent faire tourner chacun qu'une paire de meules des moulins économiques, les-

quelles opèrent ensemble la mouture d'environ 60,000 kilogrammes de blé par mois.

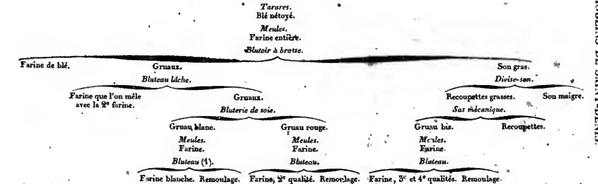
Des six paires de meules du moulin à vapeur qui marchent toute la nuit, quatre seulement travaillent durant le jour, parce qu'une partie de la force de la machine à vapeur est nécessaire pour mettre en mouvement les machines accessoires qui se reposent pendant la nuit; cette manière de diriger le moulin donne la facilité de procéder de jour aux *rhabillages* et autres réparations dont les meules peuvent avoir besoin. Le moulin à vapeur ainsi employé peut terminer dans 24 jours, la transformation de 240,000 kilogrammes de blé en farine dite *boulange*, en consommant 39,600 kilogrammes de houille.

Tout ce travail n'exige les soins que de 26 ouvriers, savoir :

| | |
|---|---|
| Un garçon meunier pour chacun des deux moulins économiques | 2 |
| Quatre garçons meuniers pour le moulin à vapeur | 4 |
| Deux garçons pour le service des blutoirs, etc. | 2 |
| Huit manœuvres pour le service des tire-sacs et pour la manutention des farines | 8 |
| Huit ouvriers *sasseurs* pour la manutention des gruaux ou *semoules* | 8 |
| Un chauffeur de jour et un chauffeur de nuit, pour soigner la machine à vapeur | 2 |
| Nombre total d'hommes de service | 26 |

## PREMIER TABLEAU SYNOPTIQUE.

203. *Opérations successives de la* mouture à la grosse, *dite* américaine, *ou ordre du passage de la substance du blé dans les différentes machines qui en séparent les diverses parties intégrantes.*




(1) La mouture des gruaux pourrait être opérée par les petites meules qui les ont produits, mais dans l'établissement de M. *Benoist*, ils sont soumis à l'action es meules économiques ; c'est pourquoi la farine qui en résulte passe dans les bluteaux.

## DEUXIÈME TABLEAU SYNOPTIQUE.

204. *Opérations successives de la* mouture française *dite* économique, *ou ordre du passage de la substance du blé dans les différentes machines qui en séparent les diverses parties intégrantes.*

Blé du commerce.
*Tarares.*
Blé nétoyé.
*Meules.*
Farine entière.
*Bluteau.*

- Farine de blé.
- Issues.
  *Dodinage.*
  - Gruaux fins ou mous (1).
    *Meules.*
    Farine blanche.
  - Gruaux et son gras.
    *Blutoir à brosse et à cylindre mobile.*
    - Farine.
    - Gruaux fins ou mous (1).
    - Issues.
      *Divise-gruaux.*
      - Dix espèces de gruaux.
        *Blutoir de soie.*
        Espèce de gruaux livrée au blutoir (2).
      - Son gras
        *Meules.*
        Farine.
        *Bluteau.*
        - Farine, 3e et 4e qualités.
        - Remoulage.

(1) Dans l'établissement de M. *Benoist*, cette espèce de gruau est mêlée, dans les trémies des blutoirs à brosses, avec la farine entière obtenue par la mouture américaine.

(2) En remoulant ces gruaux et mêlant successivement avec les gruaux moins parfaits les résidus que peut donner la mouture des gruaux plus riches, on obtient les produits portés au 2e compte de mouture. Si l'on veut obtenir les produits consignés au 3e compte de mouture, il faut *sasser* à la main ces gruaux et les *tirer à blanc*, avant de les soumettre à l'action des meules; et c'est ainsi qu'on opère chez M. *Benoist*.

205. M. *Paradis* pense que l'on pourrait faire avec avantage, à l'aide de meules de $1^m,620$ de diamètre, le même genre de travail qu'avec les petites meules de $1^m,20$, dites *à l'anglaise*, en les rhabillant d'après les indications suivantes :

Divisez la circonférence de la meule en 10 compartimens, par des rayons terminés à l'œillard marqué par un cercle concentrique de $0^m,325$ de diamètre. Cela fait, de chaque point de division, abaissez dans chaque compartiment une perpendiculaire sur le rayon de séparation suivant, dirigée dans le sens où la meule est parcourue par les points de celle qui lui est opposée, et que je désignerai par le nom de *sinus du compartiment*. De cette manière chaque rayon diviseur présentera deux points particuliers, savoir : son intersection avec le cercle de l'œillard et le pied du sinus du compartiment qui le précède.

Par ces deux points particuliers, conduisez perpendiculairement, au sinus du compartiment suivant, deux droites, qui seront ainsi parallèles au rayon diviseur qui sépare le compartiment sur lequel vous opérez, de celui qui le suit. Ces deux droites indiquent la position des avant-bords des sillons extrêmes à pratiquer dans le compartiment. Ces sillons auront de $0^m,030$ à $0^m,032$ de largeur, et $0^m,003$ à $0^m,004$ de profondeur à cet avant-bord, suivant la grosseur du blé ordinairement moulu. Le fond des sillons ira en pente régulière, afin de les faire mourir à leur arrière-bord. On voit, d'après ces indications, que les grands sillons de chaque compartiment partiront de l'arc de l'œillard correspondant, et que les plus courts auront leur entrée du côté de l'axe de la meule, au pied du sinus du compartiment qui précède.

Il ne reste plus qu'à intercaller maintenant, dans chaque compartiment, deux sillons parallèles à ceux déjà pratiqués, et de même section transversale; ces sillons s'étendront depuis la circonférence de la meule, jusqu'au rayon diviseur qui précède.

Les sillons terminés, on frappera de tailles très-fines et

légères les parties plates de la meule, qui les séparent, en ayant soin de diriger ces tailles bien parallèlement aux sillons.

206. Suivant M. *Paradis*, ces meules devraient opérer de 80 à 90 révolutions par minute, et avoir de $0^m,320$ à $0^m,350$ d'épaisseur.

Ces données correspondent à une vitesse à la circonférence de $6^m,78$ à $7^m,62$, ou, ce qui est la même chose, de $4^m,50$ à $5^m,10$ par seconde, aux deux tiers du rayon.

En supposant le poids spécifique de la pierre meulière égal à 2,5, et l'épaisseur moyenne de la meule de $0^m,355$, on trouvera pour son poids 1725 kilog., ce qui revient à 838 kilog. par mètre carré de surface.

## LÉGENDES RELATIVES A LA DESCRIPTION DES MOULINS DE SAINT-DENIS, APPARTENANT A M. BENOIST.

### *Mécanisme du moulin à vapeur.*

207. Le mécanisme complet du moulin à vapeur est représenté avec détail dans les planches ajoutées à celles de l'ouvrage américain. Les légendes suivantes suffiront pour donner de suite l'explication des diverses parties qui le composent. Dans toutes les figures, les mêmes lettres désignent les mêmes objets; les parties du mécanisme qui se répètent pour chacune des six paires de meules, sont aussi indiquées par une lettre commune.

*Fig.* 144. Coupe générale du mécanisme, par un plan vertical passant par l'axe de l'arbre du volant de la machine à vapeur et par l'axe de symétrie de l'ensemble des six paires de meules ou du beffroi. L'échelle est de 1 pour 40.

*A* arbre du volant de la machine à vapeur, en fer coulé, hexagonal, effectuant de 22 à 24 tours par minute.

*B* palier en fer coulé, garni d'un coussinet en bronze, dans lequel roule un des bouts de l'arbre *A*.

*C* pignon cylindrique en fer coulé, portant 59 dents de ce métal, et fixé sur l'extrémité de l'arbre *A* par des clavettes.

*C'* roue cylindrique en fer coulé, garnie de 76 dents en bois, engrenant avec le pignon *C* et fixée au moyen de clavettes sur l'arbre *D*.

*D*, arbre de communication horizontal, sur lequel est arrêtée la roue cylindrique *C'* et effectuant ainsi de 17,1 à 18,6 tours par minute.

Cet arbre est muni d'une roue d'angle *E*, et est supporté par deux paliers *B'*, *B''*.

*B'*, *B''* deux paliers garnis de coussinets de bronze, dans lesquels sont reçus les deux extrémités de l'arbre de communication *D*.

*E* roue d'angle en fer coulé, fixée sur l'arbre de communication *D*, et garnie de 96 dents de bois.

*E'* pignon d'angle en fer coulé, engrenant avec la roue précédente, et portant 64 dents. Ce pignon est boulonné avec le hérisson ou grande roue cylindrique *F*.

*F* roue cylindrique en fer coulé, dont la jante et le croisillon coulés à part sont réunis au moyen de boulons. Cette roue garnie de 136 dents de bois, montée sur l'arbre vertical *G* du milieu du moulin, étant liée avec le pignon d'angle *E'*, effectue comme lui, de 25,6 à 27,9 révolutions par minute.

*G* arbre vertical en fer coulé, hexagonal, occupant le milieu du mécanisme des six paires de meules, et dont le pied *g* pivote sur un dé ou lentille d'acier placé au fond d'une crapaudine logée dans le socle *H*.

*H* socle en fer coulé, traversé par deux clavettes sur lesquelles pose la crapaudine de l'arbre vertical *G*. En enfonçant plus ou moins ces clavettes, on peut soulever à volonté la crapaudine que des vis de règlement dont deux sont tracées dans la figure, servent à centrer, au besoin, pour rectifier la position du pied de l'arbre *G*.

*F'*, *F'*, deux des six pignons cylindriques des gros fers *I*, *I* des meules; ces pignons sont entièrement en fer coulé, ont 34

dents, et sont liées avec les gros fers par une clavette ou fort prisonnier qui se loge dans une entaille pratiquée dans la paroi de leur œil, et duquel on peut les dégager en les élevant le long de ces fers quand on veut arrêter les meules correspondantes.

*I,I*, deux des six gros fers des meules, dont les pieds tournent dans des crapaudines situées sur le milieu des paliers *P,P*, et dont la forme sera donnée dans les détails. Ces fers s'effectuent ainsi que les meules courantes qu'ils entraînent dans leur mouvement, de 102 à 112 révolutions par minute.

*P, P*, deux des six paliers ou ponts en fer coulé, boulonnés avec les oreilles des colonnes *M,M,M,M*, du beffroi fait de même métal; sur le milieu de ces paliers sont placées les crapaudines des fers des meules.

*M,M,M,M*, quatre des six colonnes creuses qui composent le beffroi, en fer coulé, garnies d'oreilles pour servir d'appui et d'attaches aux bouts des paliers *P,P*.

*V,V*, deux des mécanismes destinés à remplacer les trempures des moulins ordinaires, et servant en outre à désengrener les pignons *F'* des fers des meules, d'avec la roue d'engrenage *F*, quand on veut arrêter le mouvement de ces meules; ces mécanismes seront décrits dans les figures de détail.

*Z* un des six piedestaux en fer coulé, supportant les mécanismes *V,V*.

*S* massif de maçonnerie solide et couronné par une bordure hexagonale en fer coulé, sur laquelle posent les six colonnes du beffroi.

*N* entablement hexagonal servant à réunir et lier entre elles les extrémités supérieures des colonnes.

*O* plancher du beffroi.

*O'* plancher de l'étage des meules.

*ee,ee*, deux des six enchevêtrures ou châssis triangulaires à oreilles, en fer coulé, liés avec le plancher du beffroi, et munis de vis de réglement pour rectifier la position des meules gi-

santes $m'm'$ fixées avec des vis de pression dans des espèces de cuvettes $c,c$, aussi en fer coulé, et que ces enchevêtrures reçoivent.

$c,c$, cuvettes en fer coulé dans lesquelles sont invariablement fixées les meules gisantes, à l'aide des vis de pression; ces objets seront détaillés plus loin.

$K,K,K$, trois des six archures qui renferment trois des six paires de meules.

$a,a$, deux des augets d'alimentation des meules.

$f',f'$, extrémités supérieures de deux des six frayons.

$t,t,t$, trois des six trémions ou supports des trémies.

$L,L,L$, trois des six trémies, dans lesquelles des espèces de gros tuyaux verticaux en toile, conduisent le blé déposé dans les trémies de l'étage supérieur.

$H'$ collier en fer coulé, boulonné avec le beffroi, et dans le cuivre duquel tourne l'arbre vertical $G$ qui occupe l'axe de ce dernier.

*Fig.* 145, moitié du plan général du mécanisme, pris du côté par lequel arrive le mouvement, dessiné aussi à l'échelle de 1 pour 40. Tous les objets qui sont représentés dans cette figure se voient aussi dans la *fig.* 144, dont la légende peut ainsi servir pour cette *fig.* 145.

*Fig* 146, moitié du plan de l'étage des meules, dessiné toujours à l'échelle de 1 pour 40;

$m'$, meule gisante, mise à nu comme lorsqu'elle doit être rhabillée;

$K,K,K$, une archure et deux moitiés d'archure;

$t,t,t$, deux moitiés de trémion et un trémion entier dégarni de sa trémie;

$L,L$, deux moitiés de trémie;

$a$, auget oscillant autour du pivot $a_{,}$;

$a_{,}$, pivot de l'auget $a$;

$r,r,r$, un rouleau et deux moitiés de rouleau à gorges dans lesquelles on passe la corde du baille-blé.

*Détails des moulins à vapeur.*

208. Tous ces détails sont dessinés à l'échelle de 1 pour 20. Ceux des objets détaillés, qui se trouvent exprimés dans les trois figures d'ensemble, sont désignés ici par les mêmes lettres qui leur ont été affectées, de sorte que les désignations de la légende générale s'appliquent aussi aux figures de détail.

*Fig.* 147, coupe générale d'une des six paires de meules, et des objets qui en dépendent;

*m*, meule courante;

*m'*, meule gisante;

*cc*, cuvette dans laquelle la meule gisante est fixée par des vis de pression;

*ee*, enchevêtrure triangulaire à oreilles, boulonnée avec le plancher du beffroi, et recevant la cuvette *cc*;

*v*, une des trois vis verticales de réglement dont cette enchevêtrure est munie, pour mettre de niveau la surface supérieure de la meule gisante *m'*;

*h*, une des trois vis horizontales de réglement, taraudant dans les oreilles de l'enchevêtrure triangulaire, et destinées à faire coïncider l'axe de la meule gisante *m'* avec celui du pignon du gros fer, convenablement engrené avec le hérisson qui le mène;

*n*, anille à suspension;

*n'*, *n'*, les deux cornes de l'anille, scellées dans les engravures pratiquées en-dessous de la meule courante;

*o*, traverse de l'anille, emmanchée sur une partie carrée du gros fer *I* de la meule, située en-dessus de la fusée *U*;

*O*, plancher du beffroi, sur lequel le support triangulaire *e*, *e*, est boulonné;

*O'*, plancher de l'étage des meules.

*K*, archure en bois, qui recouvre la paire de meules.

*L*, trémie, garnie dans le fond d'un petit plan incliné *d*, destinée à diriger le blé vers l'ouverture d'écoulement;

*tt*, trémion ou châssis qui supporte la trémie;

*t'*,*t'*, porte-trémions;

*f*, frayon, emmanché sur un bouton carré, qui couronne le sommet de l'anille; de sorte que ce frayon, participant au mouvement de la meule courante, les six ailes ou frappeurs dont il est garni secouent six fois l'auget alimentaire *a* durant chaque tour de meule. Le haut *f'* du frayon est maintenu par un collier lié avec le trémion;

*a*, auget oscillant autour du pivot $a_{\prime}$;

*r*, rouleau à gorge, recevant la corde *b'* du baille-blé;

*b*, piton fixé sur l'auget *a*, pour y nouer la corde *b'* du baille-blé;

*j*, entonnoir placé sur l'œillard de la meule courante, pour empêcher le blé de s'en écarter durant sa chute.

*I*, gros fer de la meule courante retenu par la fusée *U*.

*J*, boitard hexagone en fer coulé, logé dans l'œillard de même forme de la meule gissante *m'*, garni de coussinets en cuivre et d'étoupes huilées, appuyés comme il sera expliqué plus bas contre la fusée *U* du gros fer, et muni d'un coin de serrage *x* que l'on peut serrer à volonté à l'aide de l'écrou *y*.

*Fig.* 148, plan d'une trémie *L*, garnie de son plan incliné *d*, et posée sur ses trémions *t*. On voit dans cette figure le plan du rouleau à gorge *r* servant à régler la corde du baille-blé.

*Fig.* 149, 150, 151 et 152, coupe verticale en long, plan, vue par bout et coupe transversale de l'auget;

*a*, fond de l'auget;

$a_{\prime}$, trou qui reçoit le pivot autour duquel l'auget oscille;

*f*, ouverture donnant passage au frayon;

*a''*, came contre laquelle frappent les ailes du frayon;

*d*, gousset pour consolider l'auget;

*b*, piton auquel est nouée la corde du baille-blé.

*Fig.* 153 et 154. Plan et coupe verticale de l'enchevêtrure triangulaire et de la cuvette de la meule gissante. Le grand

cercle ponctué et les quinze plus petits, situés tout à l'entour, représentent des ouvertures ou allégissemens de la cuvette.

*J*, désigne ici l'œillard hexagone de la meule gisante, dans lequel le boitard est fixé à l'aide de coins de bois blanc.

Les autres objets sont compris dans les désignations de la légende relative à la fig. 147.

*Fig.* 155, 156, 157, élévation du frayon, sa coupe au-dessus des ailes ou frappeurs et sa coupe au-dessous;

$f'$ extrémité supérieure du frayon, logée dans un collier fixé au trémion;

*f*, les six ailes ou frappeurs;

$f''$, partie carrée, ayant par-dessous une mortaise de même forme, destinée à recevoir le bouton carré de l'anille qui met le frayon en mouvement.

*Fig.* 158, 159 et 160. Élévation du gros fer, plan à la hauteur de la fusée, et coupe au-dessus de la portée conique du pignon qui lui donne le mouvement;

*n*, tête du papillon arrondie, et sur laquelle pose l'anille à suspension;

*o*, partie carrée, un peu plus grosse dans le bas que dans le haut, sur laquelle s'emmanche la traverse de l'anille.

*U*, fusée cylindrique du gros fer, embrassée par les coussinets du boitard.

*Q*, portée conique sur laquelle est ajusté le pignon d'engrenage qui le met en mouvement le gros fer, en agissant sur le fort prisonnier dont le bas de cette portée est armé.

*p*, pivot d'acier, ajusté dans le pied du gros fer et sur lequel celui-ci tourne;

*Fig.* 161 et 162. Coupe et élévation de l'anille à suspension;

*n*, cavité hémisphérique dans laquelle se loge la tête arrondie du papillon du gros fer de la meule;

$n', n'$, bouts de l'anille, que l'on scelle dans la meule courante;

*f'*, bouton carré qui couronne l'anille, et qui est coiffé par le frayon que celle-ci entraîne dans son mouvement.

*Fig.* 163, 164 et 165. Coupe en long, plan et coupe en travers de la traverse à fourchette de l'anille ;

*o*, ouverture carrée qui reçoit la partie carrée du gros fer de la meule, qui l'entraîne ainsi dans son mouvement ;

*n',n'*, deux entailles dans lesquelles passent librement les cornes de l'anille à suspension, laquelle est ainsi entraînée par le gros fer, en conservant la faculté de se balancer sur la tête du papillon de celui-ci.

*Fig.* 166 et 167. Coupe verticale et plan du boitard.

*J*, corps hexagonal du boitard en fer coulé ;

*l,l,l*, trois coussinets en bronze, embrassant la fusée du gros fer ;

*x*, coin de serrage des coussinets contre la fusée.

*u,u,u*, trois ouvertures cylindriques dans lesquelles on place de l'étoupe huilée, pour prévenir l'échauffement de la fusée et en diminuer le frottement ;

*s*, plaque hexagonale qui sert de couvercle au boitard avec lequel elle est réunie par trois vis. Elle porte un rebord qui affleure le haut de la fusée du gros fer ;

*k*, chapeau ayant un trou carré, par lequel on l'enfile sur le bas de la partie carrée du gros fer, au-dessus de la fusée ; ce chapeau tourne ainsi avec le fer, et il porte comme on voit un rebord inférieur qui va rejoindre le couvercle du boitard, pour éloigner les grains de blé de la fusée.

*Fig.* 168 et 169. Coupe et plan du couvercle du boitard, dans lequel on voit les passages des trois vis qui servent à le fixer.

*U*, ouverture circulaire, dans laquelle passe le haut de la fusée du gros fer.

*Fig.* 170, 171 et 172. Élévation, plan et coupe du chapeau enfilé sur la partie carrée du gros fer de la meule.

*Fig.* 173 et 174. Élévation et coupe du coin de serrage des coussinets du boitard ; on voit la forme de l'entaille dans laquelle passe la tête du boulon destiné à le serrer.

*Fig.* 175 et 176. Vue de face et de côté du boulon servant à enfoncer le coin de serrage des coussinets du boitard, en l'appelant par le moyen de l'écrou, comme on le voit en *y*, figure 147.

*Fig.* 177 et 178. Élévation et plan du pignon ajusté vers le bas du gros fer de la meule. L'entaille dans laquelle se loge le prisonnier du gros fer, et par le moyen duquel ce gros fer en est entraîné, est indiquée dans ces figures.

*Fig.* 179, 180, 181 et 182, élévation, coupe verticale et plans des diverses parties du mécanisme tenant lieu de trempure, et servent en outre à désengrener les pignons des gros fers.

*Z* piedestal creux en fer coulé, qui supporte le mécanisme dont la vis *V* se loge dans son intérieur.

*W* support en fer coulé fixé sur le haut du piédestal ;

*R* manivelle ajustée sur le support *W*, et sur l'arbre de laquelle sont fixés un petit pignon d'angle engrenant avec la roue *T*, et une rondelle divisée dans les crans de laquelle entre un arrêt, pour maintenir l'arbre de la manivelle dans la position qu'on lui aura donnée.

*T* roue d'angle liée avec un écrou de la vis *V*, et maintenue engrenée avec le pignon de la manivelle par le poids de l'équipage ; de sorte, qu'en faisant tourner celle-ci, après avoir écarté l'arrêt des crans de la rondelle divisée, l'écrou tourne et par suite la vis *V* monte ou descend suivant le séns dans lequel on fait agir la manivelle.

*V* vis à filet carré dont l'axe est situé dans la direction de celui du gros fer, aboutissant au-dessous de la crapaudine du palier de ce fer, dont le pivot arrive en *p*. Par cette disposition, il est clair que lorsque la vis monte, elle soulève la crapaudine, et par conséquent le gros fer et la meule courante laquelle est

ainsi allégée; en tournant la manivelle de manière à faire descendre la vis on baisse ou attère au contraire la meule courante.

*R'* autre petit arbre dont le bout carré est destiné à recevoir la manivelle à l'aide de laquelle on doit produire le désengrenage du pignon *F'* du gros fer de la meule, en le faisant remonter le long de celui-ci, d'une quantité suffisante. Cet arbre porte comme celui de la manivelle *R*, un petit pignon d'angle engrenant avec la roue *X*, et est lié avec le support *Y*.

*X* roue d'angle fixée à un écrou au travers duquel passe la vis *V*, et avec lequel le pignon de l'arbre *R'* est maintenu engrené par le poids des pièces liées au support *Y*.

*Y* support de l'arbre *R'*, aux deux bouts duquel sont fixées, vers leur milieu, deux tiges directrices et d'arrêt *z*, *z*, dont les sommets sont liés avec une couronne en fer coulé *ω*. Le bas de ces tiges passe dans des trous cylindriques ouverts aux deux extrémités du support *W*, et la partie supérieure glisse dans des trous de même forme ouverts à travers le palier du gros fer dont la coupe existe dans la fig. 179.

Il est clair que par suite de cette disposition, lorsqu'on tournera l'arbre *R'* on fera monter ou descendre le support *Y* et par suite avec lui les tiges *z*, *z*, et leur couronne *ω*; et qu'en élevant suffisamment ces pièces, le dessous du pignon *F'* du gros fer finira par en être atteint et poussé vers le haut, de manière à se dégager entièrement du hérisson ou grande roue cylindrique *F* qui le mène, et alors son mouvement cessera.

*Fig.* 183 et 184 mécanisme beaucoup plus simple qui, dans les moulins économiques de l'établissement de M. *Benoist*, remplace celui représenté par les figures précédentes. Le jeu de ce mécanisme est très-facile à saisir.

*Y*, *z*, *z*, *ω*, ensemble de pièces tout-à-fait analogues à celles désignées par les mêmes lettres, dans le mécanisme du moulin à vapeur.

*R'* écrou à double manivelle qui étant tourné sur la vis *V*,

appuie contre le support *Y*, et fait désengrener quand on veut, le pignon du gros fer de la meule, à l'aide de la couronne *ω*.

*W*, espèce de lévier pivotant autour de la tête d'une des tiges *z'*, et portant au milieu la tige *V*.

*V* tige liée avec le lévier *W*, taraudée dans la partie inférieure pour recevoir l'écrou à double manivelle *R'* et aboutissant, par son extrémité supérieure, sous la crapaudine du pivot *p* du gros fer de la meule.

*R* écrou à l'aide duquel on peut soulever ou baisser la tige *z'* correspondante, et par conséquent le levier *W*, la crapaudine mentionnée, le gros fer et la meule courante elle-même.

*Fig.* 185, 186 et 187 élévation, coupe et plan de l'un des paliers et de la crapaudine du pivot du gos fer d'une des meules.

*P* corps du palier ou pont en fer coulé, à nervures.

*M*,*M*, positions des colonnes sur les oreilles desquelles ce palier est boulonné.

*z*,*z*, ouvertures cylindriques donnant passage aux tiges désignées par ces lettres dans les *fig.* 179, 180.

*i*, crapaudine composée d'un manchon octogone en fer coulé, et d'un godet cylindrique intérieur en bronze; dans le fond de celui-ci est une lentille ou culot d'acier, sur lequel le pivot du gros fer de la meule tourne.

*q*,*q*,*q*,*q*, quatre vis de réglement horizontales, servant à ramener dans une position convenable le pivot du gros fer de la meule, en agissant sur le manchon de la crapaudine qui a la liberté de pouvoir jouer dans la cuvette du palier, dont le diamètre est plns grand.

*Fig.* 188 et 189 plan et élévation du manchon de la crapaudine.

*Fig.* 190, 191 et 192, élévation et vues par dessous et par dessus, d'une des oreilles d'une colonne, auxquelles les paliers des gros fers sont boulonnés.

*Autres dispositions de mécanismes en usage.*

209. La *fig.* 193 est une élévation-coupe d'un mécanisme à manœuvrer les meules et à désengrener les pignons de leurs fers, que M. *Aitkin* a fait construire pour des moulins envoyés en Espagne; les *fig.* 194 et 195 représentent l'élévation et le plan du palier de ces moulins.

On voit qu'en tournant à droite la tête *R* de la vis *V* à double taraudage, le petit corps de vis forcera la crapaudine du du palier à monter et on allégera par conséquent la meule courante; tandis que si on la détourne à gauche on permettra à cette crapaudine de descendre en cédant au poids de l'équipage, et cela par suite de la position de l'écrou de ce petit corps de taraudage dans le fond de la cage de la crapaudine du palier *P*, muni comme ceux du moulin de St.-Denis, de quatre vis de réglement $q,q,q,q$.

En tournant, comme dans les moulins économiques de St.-Denis, l'écrou à double manivelle $R'$, dans le sens convenable, on peut désengrener à volonté le pignon du gros fer de la meule.

*Fig.* 196, 197 et 198, pièces détachées du mécanisme dont il vient d'être question, et désignées par les mêmes lettres que dans les figures précédentes.

*Fig.* 199, 200 et 201 élévation, coupe et plan d'un mécanisme analogue à celui des moulins économiques de l'établissement de M. *Benoist.* Ici les axes des tiges $z,z$ et $z',z'$ sont situés dans un même plan, tandis qu'à St.-Denis, le plan des tiges $z,z$, est perpendiculaire à celui de tiges $z',z'$,

## Tarare.

210. Les *tarares* employés dans l'établissement de M. *Benoist* ont été construits par M. *Gravier.* Ils sont, comme je l'ai dit, conjugués trois à trois, et situés l'un au-dessous de l'autre

dans les premier, deuxième et troisième étages du bâtiment. Le tarare représenté par les *fig.* 202 et 208, est celui du milieu ou du deuxième étage. La *fig.* 209 indique en quoi le tarare inférieur diffère du précédent. Quant au tarare supérieur il n'a qu'un seul frappeur, celui voisin du ventilateur, l'autre, que l'on voit au-dessus en *B fig.* 204 est remplacé par un crible en fil de fer nommé *émoteux*, que fait mouvoir par saccades un lévier placé sur le côté du tarare dans la direction *Q'Q fig.* 203, et que mettent en mouvement des cames dont la joue intérieure de la poulie *p'* est garnie. Cette modification sera facile à concevoir, lorsque le tarare représenté sera bien connu.

*Fig.* 202. Elévation du tarare vu par bout, dessiné à l'échelle de 1 pour 30,4. L'échelle tracée au bas de la planche *A* est relative à l'emploi de l'ancien pied, elle en renferme 6 dont le premier est divisé en pouces.

*Fig.* 203. Élévation latérale du tarare, même échelle.

*Fig,* 204. Coupe du tarare par un plan perpendiculaire aux axes des mouvemens, afin d'en bien voir l'intérieur, même échelle.

Dans ces figures, les mêmes lettres désignent les mêmes parties de la machine.

*A*, Anche par laquelle arrive le blé sortant du tarare supérieur à émoteux.

*B*, Frappeur supérieur à quatre palettes garnies de tôle piquée, et qui projettent les grains de blé contre les parois aussi de tôle piquée de la chambre qui le renferme.

*D*,*E*, Plans inclinés garnis de tôle piquée, qui dirigent le blé vers l'ouverture inférieure par laquelle il tombe sur le frappeur inférieur *B'*.

*B'*, Second frappeur qui réitère sur le blé les opérations du frappeur *B*, en le projetant contre les parois de sa chambre de tôle piquée particulière. Les frappeurs font de 270 à 310 tours par minute.

*G,H*, Plans inclinés de tôle piquée, réunissant le blé pour le verser par l'ouverture *H*, dans le courant d'air dirigé de *C* vers *T*.

*V*, Ventilateur dont les quatre ailes *v,v,v,v*, chassent de *C* vers *T*, l'air aspiré par l'ouverture circulaire *t t*, pratiquée autour de son arbre, dans le flanc de la cage *E*; sa vitesse de rotation est de 165 à 190 tours par minute.

*C*, Crible fixe sur lequel roule le blé vanné, pour se rendre à la sortie *S* du tarare.

*S*, Ouverture par laquelle le blé vanné sort du tarare, pour se rendre dans le tarare inférieur.

*T*, Tiroir en tôle, que l'on tire plus ou moins selon le poids des grains de blé, afin que le courant d'air dirigé de *C* vers *T*, ne fasse pas tomber ce blé dans la chambre à poussière *K*.

*K*, Chambre où tombent la poussière et les ordures.

*O*, Tiroir par lequel on vide la chambre aux ordures *K*.

*R*, Pignon d'angle monté sur l'arbre du ventilateur et par lequel le mouvement arrive à la machine.

*P*, Poulie à deux gorges fixée au bout opposé du même arbre du ventilateur, destinée à recevoir les cordes qui mettent les frappeurs en mouvement.

*p,p*, Poulies montées sur les bouts des arbres des frappeurs et commandées par la poulie *P*, au moyen des cordes *c,c*, dont le tracé montre que ces frappeurs tournent en sens contraire du ventilateur.

*N,M*, Supports extérieurs du ventilateur *V*.

*Q,Q*, Supports du bout mené des frappeurs.

*I,J*, Portes à poignée, que l'on peut enlever pour inspecter le travail intérieur de la machine.

*Fig.* 205 et 206 vues de côté et par bout de l'un des deux frappeurs, dessinées à une échelle double ou de 1 pour 15,2.

*B,B*, sont deux croisillons en fer coulé, assemblés sur un arbre de fer carré *L*.

*L*, arbre de fer carré sur lequel les croisillons du frappeur

sont assemblés. Des deux côtés du frappeur cet arbre est garni de virolles à embase rapportées, faisant fonction de portées.

*a,a,a,a*, Quatre planchettes de bois, boulonnées sur les croisillons *B,B* en fer coulé, et garnies de tôle piquée sur la face qui marche la première.

*p*, Poulie à gorge recevant la corde venant du ventilateur, duquel les frappeurs empruntent le mouvement.

*Fig.* 207 et 208 vue de la poulie à deux gorges fixée sur l'arbre du ventilateur du tarare, pour recevoir les cordes à l'aide desquelles ce ventilateur met les frappeurs en mouvement.

*Fig.* 209, cette figure indique comment est disposé le bas du tarare situé au premier étage de l'établissement de *M. Benoist.* Au sortir de ce tarare, le blé qui a subi l'action successive de trois machines du même genre se trouvant nétoyé, est conduit au rez-de-chaussée par l'anche *S'*, dont la naissance est placée auprès du débouché des deux plans inclinés *G'*, *H'*.

### Blutoir a brosses.

211. Les *fig.* 210, 211 et 212, représentent l'élévation du côté de la tête, la coupe longitudinale et l'élévation du côté de la queue, de l'un des deux blutoirs à brosses employés dans l'établissement de *M. Benoist.* Dans ces figures, qui sont dessinées à l'échelle de 1 pour 31,2, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.

*A,A*, huche du blutoir.

*E*, anche par laquelle la farine entière est conduite à la machine.

*D*, auget d'alimentation.

*Q,Q*, cylindre en toile métallique, immobile et dans lequel la farine est soumise à l'action des brosses *B,B,B,B*, qui tournent dans l'intérieur. Ce cylindre est formé par la réunion de deux demi-cylindres de toile, établis sur des carcasses en bois, composées de demi-anneaux transversaux et de baguettes longitudinales.

*C, C*, baguettes suivant lesquelles s'opère la réunion des deux demi-cylindres, à l'aide de boulons; ces baguettes sont beaucoup plus larges que les autres.

*O, O'*, anneaux extrêmes d'une seule pièce, destinés à consolider l'assemblage des deux parties du cylindre avec lesquelles ils sont fixés par des vis à bois. Ces deux anneaux faits de deux épaisseurs de planche croisant le fil du bois, sont sillonnés à l'entour d'une gorge : dans celle de l'anneau *O*, on serre le bord d'une espèce de sac de cuir, cloué au panneau de tête du blutoir; et dans celle de l'anneau *O'*, on introduit un panneau en deux parties, faites de planches échancrées en demi-cercle, se liant avec la cloison des deux cases *Y, Z*, et avec la planche qui forme le bout de la huche. Ce sac et ce panneau sont destinés à intercepter la communication du dedans du blutoir au-dehors, afin d'éviter le déchet de farine.

*B, B, B*,.... huit brosses à un seul rang de mèches en soies de sanglier, montées à réglement sur trois cercles *K, K, K* en fer coulé, avec lesquels elles tournent à raison de 264 à 294 tours par minute.

*J*, arbre en fer carré, sur lequel sont fixés des cercles de fer coulé *K, K, K*, percés de trous pour donner passage aux tiges de réglement des brosses.

*J'*, double came en bois dur, passant au travers de l'arbre *J*, pour mouvoir, par saccades, l'auget *D*, en frappant sur une came en cuivre dont l'auget est garni par-dessous.

*P*, poulie à rebords sur laquelle passe la courroie motrice.

*L*, palier de la tête du blutoir.

*M*, bague à vis de pression, serrée sur l'arbre *J*, tout près du palier *M*, pour empêcher cet arbre de remonter en tournant.

*r*, ressort fourchu en bois, dont les deux bouts supérieurs entrent dans des entailles pratiquées par-dessous le fond de l'auget *D*, que ce ressort ramène dans la position dont les cames *J'* l'écartent sans cesse.

*v*, Tiroir pour régler la sortie de la farine de l'anche *E*.

*c*, Corde pour arrêter le tiroir *v*, dans la position convenable.

*g*,*g'*, Galets de renvoi de cette corde.

*T*,*T*, tirans auxquels est suspendu le cylindre du blutoir.

*F*, tige à enfourchement, supportant la crapaudine dans laquelle tourne le bas de l'arbre *J*, dont on peut régler l'inclinaison à l'aide des écrous dont cette tige est garnie.

*I*,*I*, portes que l'on peut enlever au besoin, pour le service de la machine.

*U*,*V*,*W*,*X*,*Y*, cinq cases correspondant aux diverses grosseurs de toiles dont le cylindre est formé, et recevant ainsi, les premières de la farine et les dernières des gruaux.

*Z*, case dans laquelle tombe le son gras qui sort par le bout du cylindre.

*Détails.*

212. Les détails suivans du blutoir à brosses sont dessinés à l'échelle de 1 pour 15,6.

*Fig.* 213. Vue par bout des huit brosses *B*, montées sur les cercles de fer coulé *K*, à l'aide des tiges de réglement *G* à deux écrous, autour de l'arbre de fer carré *J*, et de manière à aboutir sur les parois *Q*, du cylindre en toile métallique.

*Fig.* 215. Coupe des objets représentés dans la *fig.* 213, par un plan dirigé suivant l'axe de l'arbre des brosses.

*Fig.* 217. Vue par bout de la carcasse du cylindre formé, comme on voit, par la réunion de deux demi-cylindres assemblés avec des boulons passant au travers des traverses *C*.

*N*, sont des demi-anneaux circulaires, moins larges que ceux *O* des bouts; ils sont fixés aux baguettes de réunion *C*, et reliés entre eux par d'autres baguettes *R*, plus légères que les précédentes.

C'est par ces baguettes *R* que les crochets *S*, qui terminent les tirans *T*, saisissent et supportent le cylindre du blutoir.

*Fig.* 218, la partie à gauche de cette figure représente la vue extérieure latérale de la carcasse du cylindre du blutoir; et la partie de droite, la coupe par un plan passant par l'axe et perpendiculaire au plan de réunion des deux demi-cylindres.

## Annonces récentes.

213. J'ai lu dans les journaux quotidiens les deux annonces suivantes que je crois devoir signaler; la première, à cause de la ressemblance de la machine à battre mise en activité à Versailles, avec celle décrite page 427, et la seconde, pour engager les meuniers à vérifier les résultats que le hasard à fait connaître.

1° La machine à battre le blé construite par *M. Steineke* de Versailles; se compose d'un appareil de 20 battes ou fléaux, soulevés par deux arbres de couche armés de cames, et frappant sur un plancher revêtu d'une toile sans fin. Les gerbes déployées sont étendues sur cette toile qui, en les entraînant dans son mouvement, leur laisse subir plus de 800 coups de fléau. Cette machine qui détache le blé de l'épi sans perte, sans poussière et sans endommager la paille, peut battre 600 gerbes par jour au moyen de deux chevaux ou de trois bœufs.

2° Une découverte due au hasard vient d'être faite aux environs de Dijon; un meunier avait fait remettre à neuf des meules à moudre le blé. Avant de les faire servir, et à défaut d'une quantité suffisante de son pour les nétoyer et en enlever le gravier qui resulte ordinairement de cette opération, on y jeta de la paille hachée, qui, après quelques tours de meule, sortit du blutoir en farine bise, d'un goût approchant de celui de la farine de blé. On en a donné aux chevaux, qui l'ont mangée avec appétit, on en a fait une bouillie que des cochons ont dévorée; enfin, lui ayant reconnu une partie muqueuse, on en a fait du pain qu'on a mangé sans dégoût. De nouvelles expériences constateront les avantages qu'on peut retirer de cette découverte.

FIN.

607055
SBN

# ERRATA.

---

Page XIV, 5e colonne du tableau, *au lieu de* feet, *lisez :* yards.
35, avant-dernière ligne, *au lieu de* $6 + 4$, *lisez :* $6 \times 4$.
35, dernière ligne, *au lieu de* $2 \div 43$, *lisez :* $24 : 3$.
114, 26e ligne, *au lieu de* fig. 25, *lisez :* fig. 33.
193, 19e ligne, *au lieu de* le point, *lisez :* au point.
238, dernière ligne, *au lieu de* $X_1$, *lisez :* y.
251, 22e et 25e ligne, *au lieu de* d, *lisez :* f.
257, 8e ligne, *au lieu de* d, *lisez :* f.
266, 26e ligne, *au lieu de* P, *lisez :* P'.
266, 28e et 30e ligne, *au lieu de* G, *lisez :* G'.
267, 2e ligne, *au lieu de* G, *lisez :* G'.
281, 1re lig. *au lieu de* courroie, *lisez :* avec une courroie.
285, 6e ligne, *après* le conducteur, *ajoutez :* BC.
285, 7e ligne, *au lieu de* BD, *lisez :* CD.
285, 29e ligne, *au lieu de* G, *lisez :* O.
285, avant-dernière ligne, *après* le ventilateur, *ajoutez :* N.
295, 12e ligne, *au lieu de : Ea* continuez le sillon, *lisez :* continuez le sillon *Ea*.
308, 18e ligne, *au lieu de* hosse, *lisez :* horse.
364, 10e ligne, *effacez* du chanteau.
364, 11e ligne, *après* des segmens, *ajoutez :* du chanteau.

C0706

# TABLE DES MATIÈRES.

Google

## DEUXIÈME PARTIE.

*Diverses sortes de moulins.*

## TROISIÈME PARTIE.

### *Perfectionnemens dans l'art de la meunerie.*

## QUATRIÈME PARTIE.

*Art de la meunerie tel que le pratiquent les meuniers américains les plus expérimentés.*

## GUIDE DU CONSTRUCTEUR DE MOULINS,

*Contenant des instructions pratiques sur la manière de construire les moulins, et indiquant les proportions qu'il faut donner à toutes leurs parties, pour des chutes comprises entre un et onze mètres; par* THOMAS ELLICOTT, *constructeur de moulins.*

## SUPPLÉMENT.

APPENDICE

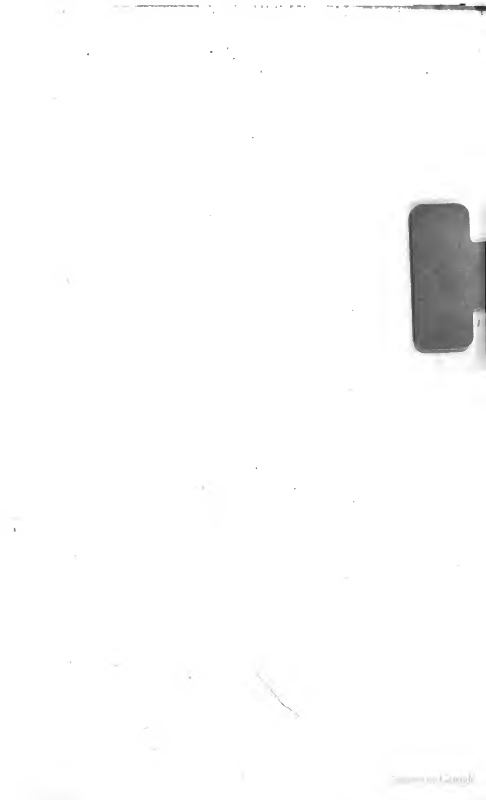
*Contenant des extraits de quelques ouvrages sur les moulins, et diverses observations, par* Th. Jones.



ADDITIONS ET NOTES DIVERSES,

*Par* P.-M.-N. Benoît, *ingénieur civil.*

Digitized by Google



Digitized by Google

